PROF. DR. A. SIZOO

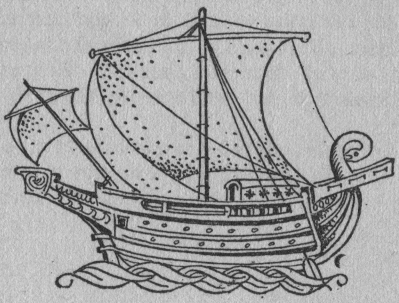
techniek in de oudheid

TECHNIEK IN DE OUDHEID

Omslag Han Prins

PROF. DR. A. SIZOO

techniek in de oudheid



UITGEVERSMIJ. J. H. KOK N.V., KAMPEN 1961

WOORD VOORAF

Meermalen is mij gebleken hoe groot de belangstelling is, die velen in onze tijd hebben voor de techniek in de oudheid. Over dat onderwerp is veel geschreven, ook in ons land. Maar dat alles draagt een wetenschappelijk karakter. Een voor ieder begrijpelijk boek, dat op ongedwongen wijze een en ander vertelt over al wat met de antieke techniek samenhangt, is mij in ons land niet bekend. En daarom heb ik het gewaagd dit eenvoudige boekje te schrijven. Daartoe was voor een niet-technicus enige moed nodig. Die moed heb ik geput uit de overweging, dat een classicus, die nu eenmaal de werken uit de Griekse en Romeinse oudheid te bestuderen heeft, noodgedwongen, maar niet ongaarne, allerlei terreinen betreedt, waarop hij niet deskundig kan zijn, maar waaraan hij ex professo zijn aandacht moet besteden. Technici mogen het mij vergeven, wanneer ik soms termen gebruikt heb voor dingen, die tegenwoordig anders genoemd worden; ik heb alleen gepoogd alles in mijn eigen woorden zo duidelijk mogelijk te zeggen.

Het begrip techniek heb ik genomen in ruime zin. Als voortbrengselen der techniek heb ik al die materiële produkten beschouwd, die gemaakt of gevormd zijn door de mensenhand geleid door het menselijk verstand. Natuurlijk heb ik me sterk moeten beperken en soms een wellicht vrij willekeurige keus moeten maken.

Moge dit boekje er toe meewerken dat de belangstelling gewekt of verlevendigd wordt voor de oudheid, die ook op dit terrein een erflaatster der beschaving gebleken is.

A. SIZOO.

INLEIDING

Er is een tijd geweest – en die ligt ternauwernood honderd jaren achter ons – dat degenen, die zich met de cultuur der oude Grieken en Romeinen bezig hielden, hun aandacht nagenoeg alleen richtten op de voortbrengselen der litteratuur en der kunst. Op die gebieden, zo meende men, berust uitsluitend de betekenis, die deze oude volken voor de beschaving van Europa gehad hebben. Zij immers waren theoretici, die de grondslagen legden voor allerlei wetenschappen, voor wijsbegeerte en recht, voor de letterkunde en de esthetica. Maar praktische mensen, die oog hadden voor de techniek en haar vele produkten, zo vond men, waren ze niet. Deze mening werd nog versterkt door de bewondering, die men had voor de grote prestaties der moderne techniek, voor alles waartoe stoom en electriciteit de ingenieurs in staat stelden. Daarbij verzonk het technisch vermogen der oudheid in het niet. En waar men niet ontkennen kon, dat de oudheid mensen heeft gekend, die in scherpzinnigheid van verstand en juistheid van inzicht op zijn zachtst gezegd niet onderdeden voor moderne geesten, kwam men tot de slotsom, dat de antieke mens verstoken was van praktische zin en dat hij voor de techniek eigenlijk geen gevoel had. We zouden citaten kunnen geven tot zelfs uit het begin van deze eeuw, waarin dit uitdrukkelijk wordt vastgesteld.

Men moet zich hierover verbazen. Men kon toch veel van wat de antieke technici tot stand hebben gebracht met eigen ogen zien. Denk aan de prachtige Griekse tempels, aan geweldige bouwwerken als het Colosseum, de obelisken, die Rome sieren, de waterleidingen, de wegen en bruggen, de grote steden, die soms meer dan een miljoen mensen bevatten, denk ook aan de minder door hun grootsheid, maar meer door hun vernuftigheid imponerende kleine produkten der techniek, die ook in dit boekje ter sprake zullen komen, en waag het dan te beweren, dat de ouden geen gevoel hadden voor techniek. Integendeel, wanneer we die antieke prestaties zien, die de bewondering wekken van de moderne ingenieurs en technici, wanneer we opmerken, dat in de oudheid dingen tot stand gebracht zijn, die door de moderne techniek ternauwernood of soms zelfs in 't geheel niet te evenaren zijn en die ons doen vragen hoe ter wereld men dat alles gekund heeft, dan moeten

we wel tot de conclusie komen, dat die oude practici niet alleen in hun tijd bijzonder knap geweest zijn, maar, ook naar onze moderne maatstaf gemeten, werken van de eerste rang hebben tot stand gebracht.

Het was vooral onbekendheid met dit alles, die vroegere geleerden tot hun onjuiste uitspraken over de geringe technische ontwikkeling der Grieken en Romeinen heeft gebracht. Maar in de laatste vijftig jaren hebben de onderzoekingen aan die onbekendheid een einde gemaakt doordat de geleerden van thans het ganse terrein der techniek zijn gaan onderzoeken. En daardoor zijn we in staat in dit boekje van dit alles op eenvoudige wijze te gaan vertellen. Maar vooraf moeten we op enige punten wijzen, waarin de wereld der antieke techniek zich onderscheidde van die van tegenwoordig.

Alles wat met de techniek samenhing beschouwden de Grieken als banausisch, d.w.z. als behorende tot het lagere, ietwat geminachte werk van de handwerksman. De vrije Griek cultiveerde de geest en liet het werk, al was het nog zo moeilijk, over aan de handwerksman. Ook een kunstenaar, een beeldhouwer, was bij de Grieken een handwerksman. Pheidias, een der grootste beeldhouwers van alle tijden, ontving voor zijn werken, die thans de pronkjuwelen zijn der musea, niet meer dan een gewone steenhouwer voor zijn werk. De betaling had dus niets te maken met wat wij noemen de kunstwaarde. Voor een groot beeld kreeg de beeldhouwer meer betaald dan voor een klein, al ging dit laatste de schoonheid van het andere ver te boven.

Een tweede opmerking. Natuurlijk hebben de oude Grieken talrijke vindingen op natuurwetenschappelijk gebied gedaan. Maar een prikkel om zulk een vinding nu ook in de praktijk toe te passen en bruikbaar te maken aan de produktie was er niet. Immers er waren slaven genoeg en te over om in de fabrieken de bestellingen door handwerk af te leveren. Tal van principes heeft men in de oudheid gekend, die eerst veel later technisch zijn toegepast. Eén gelukkig gevolg heeft deze eigenaardige onverschilligheid, die door de sociale omstandigheden in de hand gewerkt werd, gehad, namelijk dit, dat de voortbrengselen der antieke nijverheid bijna alle mooi zijn, omdat het fabriekmatig karakter, dat de mechanische produktie aankleeft, er aan ontbreekt. Het is toch immers zo, dat eerst in onze tijd ook bij het vervaardigen van massaprodukten met de esthetica begint gerekend te worden. Maar in de gebruiksvoorwerpen van het dagelijks leven zat in de oudheid een persoonlijk

element. We noemden het woord fabriek en dan denken wij aan grote ruimten met vele machines en arbeiders en administratief personeel. Maar het Latijnse woord *fábrica* betekent de werkplaats van de handwerksman. Een antieke fabriek is dus een plaats, waar enige of soms zeer vele slaven aan de handenarbeid waren. We noemden ook het woord machine. Dit stamt uit de oudheid, Latijn *máchina,* Grieks *mèchanè.* Machines in onze zin van het woord had men niet. Men duidde met het woord vooral aan een zeker werktuig, waarvan men in het theater gebruik maakte en waarover we later zullen spreken, ook wel het militaire geschut en later een werktuig in het algemeen. Men gelieve dit te bedenken als we later het woord machine gebruiken.

Een derde opmerking. Een gevolg van de geringe belangstelling voor de techniek is dit, dat er weinig over technische prestaties, waarvan bij ons de kranten uitvoerige verslagen geven, en over technische hulpmiddelen geschreven werd. Daardoor weten we van veel dat de ouden konden, niet meer hoe ze het deden. En dat geldt van grote zowel als van kleine prestaties. Hiervan enige voorbeelden. Wanneer we de geweldige bouwwerken zien, b.v. het Colosseum te Rome, of de Circus Maximus, die 200.000 toeschouwers kon bevatten, of horen van het bronzen beeld, dat keizer Nero van zichzelf oprichtte en dat de hoogte had van 40 m, dus ongeveer van een huis van 10 verdiepingen, dan moeten we wel tot de conclusie komen, dat de technici van die tijd over machinale hulpmiddelen beschikten, die wij niet kennen. Verder: wellicht heeft de lezer wel eens in de musea het mooie terracottakleurige pottenbakkerswerk gezien, dat men *terra sigillata* pleegt te noemen. Ook in ons land is veel daarvan gevonden, want het was bestemd voor dagelijks gebruik en overal, waar Romeinse soldaten geweest zijn, heeft men het aangetroffen. Meer dan 2000 brandproeven heeft men ten koste van duizenden guldens genomen, voordat een Beierse pottenbakker in het begin van onze eeuw het geheim van deze baktechniek terugvond. Het geheim van het antieke purperverven en van de fabrikatie van de z.g. murrinenglazen (waarover later) heeft de moderne wetenschap nog niet kunnen ontsluieren.

Zoals we van vele technische werkzaamheden niet weten, *hoe* ze geschiedden, weten we ook vaak niet, *wie* ze bewerkstelligden. Het is bij ons ondenkbaar, dat we niet zouden kunnen weten, wie een groot bouwwerk ontwerpt, wie de plannen maakte voor de drooglegging der Zuiderzee of voor het graven van het

kanaal van Suez. Maar in de oudheid was dat de gewoonste zaak van de wereld. Natuurlijk zijn namen bekend, en ze zullen later genoemd worden, maar meestal weten we die, omdat hun dragers op ander terrein hun naam reeds gevestigd hadden en soms zijn ze toevallig overgeleverd in administratieve aantekeningen. Wellicht wordt door dit zwijgen over dingen en personen, waarvan bij ons de kranten zouden vol staan, de aard en het karakter van de antieke wereld beter getekend, dan we het met veel woorden zouden kunnen doen.

Van al die technische prestaties in grote en kleine dingen zullen we in dit boekje vertellen. We doen dat niet in historische volgorde, alles wat tot de oudheid behoort – laten we in dit geval zeggen tot ongeveer het jaar 400 n. Chr. – komt in aanmerking. Maar op geen stukken na kunnen we volledig zijn; daarvoor zouden vele dikke boeken geschreven moeten worden. We nemen het meest markante, brengen dat onder in een aantal hoofdstukken, maar zullen niet aarzelen wel eens van ons onderwerp af te dwalen. Aan het slot zullen we enige technici afzonderlijk bespreken.

I

STEENGROEVEN, OBELISKEN EN PYRAMIDEN

Wanneer wij een groot werk in aanbouw zien, dan volgen we vaak de werkzaamheden met een zekere spanning. We zien lange houten of betonnen palen in de grond heien of persen, zware blokken steen aanbrengen en allerlei andere benodigdheden aanvoeren en verwerken. Maar vragen we ons dan wel eens af, waar dit alles vandaan komt en hoe men het uit de aarde – want daaruit moet ten slotte alles komen – heeft gewonnen en hierheen gebracht? Och, denken we wellicht, er zijn importeurs die daarvoor zorgen en bij hen kan men alles bestellen. Als we een mooi beeld zien van een of andere fraaie steensoort of van marmer, of als we door een deftige marmeren gang lopen van een oud huis, denken we dan wel eens aan de moeite, die het gekost heeft om al dat gladde marmer hier te krijgen? Alweer de importeur zorgt daarvoor. De meest moderne werktuigen staan zowel de man, die de steengroeve dirigeert, als hem die met de verdere bewerking en met het transport belast is, ter beschikking. Over zulke vragen breken we ons het hoofd niet, hoewel het tegenwoordig, zoals we later zullen zien, ook niet altijd even gemakkelijk gaat.

Ook bij het beschouwen van de werken uit de oudheid komen die vragen niet vaak op. We bewonderen hun schoonheid, wellicht ook de kunstvaardigheid, waarmee ze tot stand gebracht zijn, maar meestal vragen we ons niet af *hoe* men het deed. Wij aanvaarden de hulpmiddelen der tegenwoordige techniek zo gemakkelijk, dat we haar prestaties vanzelfsprekend vinden en denken er niet aan, dat men ook in de oudheid zonder al die machines hetzelfde heeft tot stand gebracht. Wanneer we in Rome een obelisk zien staan, die een monoliet is, d.w.z. bestaat uit één stuk steen, en we vernemen, dat hij bijna 450 ton weegt en uit Egypte afkomstig is, dan moet toch wel de vraag opkomen, hoe men zo'n gevaarte uit de rotsen heeft los gekregen en hoe men het heeft getransporteerd en opgericht. Over deze en meer dergelijke dingen willen we in dit hoofdstuk spreken.

Het waren verschillende steensoorten, die men uit de steengroeven wist te halen, graniet, kalksteen, zandsteen, porfier, marmer en albast. Het *graniet* kwam vooral uit Egypte, waar de oude farao's reeds vele eeuwen hun bouwwerken van graniet

optrokken. Het rode graniet werd gevonden in de buurt van Syene, waar men de groeven nog aantreft; in de tijd van Septimius Severus (± 200 n. Chr.) werden zelfs nieuwe groeven in exploitatie gebracht. Het grijze graniet kwam van de Mons Claudianus, een berg in de Arabische woestijn. Men vond bij de groeve nog zuilen van 6 en 9 m lang met een doorsnede van 1 m, die klaar lagen voor het transport. Ja zelfs liggen er nog: een zuil van 18 m met een doorsnede van meer dan 2 m en drie voetstukken voor zuilen van 2,24 m in het vierkant. De cellen voor de werklieden (waarschijnlijk gevangenen) en de ruimere behuizingen voor de opzichters en de ingenieurs kan men nog duidelijk onderscheiden. Een mooie donkere steensoort groef men bij het tegenwoordige Wadi Hammâmât, dat echter drie dagreizen van de Nijl af lag en veel transportmoeilijkheden bood. Men had een groot aantal lastdieren nodig, op 2250 man 50 ossen en 200 ezels. De oude farao's lieten hier werken, maar vele eeuwen later, onder keizer Augustus, kwam de groeve weer tot volle exploitatie.

Kalksteen kwam niet alleen uit Egypte, maar ook uit Griekenland, Italië, Germanië en Gallië. In de buurt van het oude Ptolemaïs in Egypte treffen we nog verscheidene kalksteengroeven aan. Men vindt er nog sporen van werktuigen, aftekeningen van blokken, die moesten worden losgewerkt, en vele opschriften in verschillende talen. Sommige groeven waren ondergronds, bereikbaar door trappen. In Griekenland bestaan de muren van de burcht van Tiryns uit kalksteenblokken, die uit groeven in de buurt gehaald waren. Ook de burcht van Mykene is van kalksteenblokken gebouwd. Op de Lykabettos, een berg vlak bij Athene, werd kalksteen gevonden, waarmee de oude muren van de Akropolis werden opgetrokken. Ook de Akropolis zelf bestaat uit kalksteen, maar die liet men waar hij was, omdat men de burcht intact wilde houden. Nog meer groeven werden gevonden o.a. bij Eleusis en bij Olympia, waar de meeste gebouwen van kalksteen werden opgebouwd. Bij Syrakuse op Sicilië zijn grote steengroeven, waaruit, naar men berekend heeft, vijf millioen kubieke meter steen gehouwen zijn. Ze waren in de oudheid berucht, omdat daarheen de krijgsgevangenen en later de Christenen als werklieden gevoerd werden. In Italië werden kalksteengroeven geëxploiteerd, die het z.g. travertijn – aldus genoemd naar het stadje Tibur – opleverden, dat in Rome zoveel gebruikt werd, o.a. voor het Colosseum en het theater van Marcellus. Het is een mooi wit materiaal, dat echter niet bestand is tegen het vuur. In Duitsland wordt ook thans nog

kalksteen gedolven in het Brohltal van de Rijn. Maar reeds sedert keizer Nero waren deze groeven in exploitatie en talrijke Romeinse legioensoldaten hebben er gewerkt. In Bonn en Keulen hebben zij versterkingen met deze steen gebouwd, ja tussen 70 en 100 n. Chr. heeft men hem ook gebruikt voor de aanleg en opbouw van het toenmalige Nijmegen. In Frankrijk bij Norroy zijn groeven, waaruit men de steen haalde voor de bouw van torens en muren van Romeinse legerplaatsen langs de Moezel. En zo zijn er nog meer plaatsen geweest, waar men *zandsteen* vond. *Porfier* werd hoofdzakelijk in Egypte gevonden. Het woord is afgeleid van het Griekse woord voor purper; de steen heeft dan ook een rode kleur, hoewel in Griekenland ook groene porfier voorkwam. Vooral sedert de keizers Trajanus (98–117) en Hadrianus (117–138) werden de Egyptische groeven geëxploiteerd. Men gebruikte het porfier in hoofdzaak voor architectonische doeleinden en daarbij vooral voor zuilen.

Marmer is het prachtige materiaal, dat we allen kennen en dat ook in de oudheid voor allerlei doeleinden werd gebruikt, vooral voor beeldhouwwerken. Er zijn verschillende soorten, maar daarop gaan we niet in. Het werd op verschillende plaatsen van Griekenland en Italië gevonden. Zeer bekend was het Pentelisch marmer, aldus genoemd naar de berg Pentelikon, enige uren van Athene gelegen. Meer dan 400.000 kubieke meter zijn in de oudheid hier gegraven. Van uitnemende kwaliteit was het Parische marmer, dat op het eiland Paros gevonden werd; het was geschikt voor grote werken, maar ook waren er lagen, die zich uitstekend leenden voor beelden. Maar deze lagen waren slechts 2—4 m dik en liepen onder de grond, zodat men ze door middel van mijnschachten bereiken moest. Nog ziet men daar de sporen van het werken met houweel en beitel aan onafgewerkte blokken. De lampen droeg men blijkbaar aan een steel met een haak aan het eind, waaraan de door olijfolie gevoede lamp was opgehangen. In de wanden zijn gaatjes gehakt, waarin men de steel kon steken, zodat de lamp hing. Er zijn nog meer marmergroeven in de Griekse wereld geweest, maar die zullen we maar niet opsommen. In Italië is natuurlijk het Carrarische marmer beroemd. Carrara leeft er van en thans zijn er meer dan 400 groeven, waar het marmer in verschillende kwaliteiten gevonden wordt. In de oudheid heette het Luna. Vooral sinds keizer Augustus werd Luna een belangrijk industriegebied. Men berekent, dat er evenals thans zeker meer dan 6000 arbeiders werkten. In Rome is het Pantheon van Carrarisch marmer gebouwd, ook de zuil van Trajanus is er van gemaakt.

Sedert Constantijn de Grote (306–337) lagen de groeven stil, men gebruikte toen gemakkelijker marmer van verwoeste gebouwen, dat hoefde niet zover getransporteerd te worden. Nog in de 15e eeuw trof men in en bij de groeven blokken en zuilen aan, die in de steek gelaten waren, omdat men blijkbaar tegen het transport opzag. Ook in Frankrijk werd marmer gevonden bij Saint Béat, dat vooral in het eigen land verwerkt werd, verder ook in Noord-Afrika bij Hippo Regius en Cirta.

Albast, waaronder men in de oudheid alleen verstond de hardere soort, die men tegenwoordig de oosterse albast noemt, werd in Egypte gevonden in de buurt van de stad Alabastrum, waarnaar de steen zijn naam heeft. Er werden zelfs zuilen van gemaakt, maar meestal gebruikte men het voor bekleding van wanden en bedekking van vloeren, later ging men er ook beelden van maken.

We hebben tot nu toe in hoofdzaak alleen gesproken over de vraag, waar men het gesteente vandaan haalde. Maar in verband met het onderwerp moeten we nu handelen over de vraag, hoe men technisch te werk ging. Het maakte natuurlijk een groot verschil welke steensoort men te bewerken had, want de ene is harder dan de andere. Bovendien was er onderscheid tussen de afmetingen van de blokken. Voor de bouw van een stadsmuur of van de muren van een groot huis waren natuurlijk kleinere blokken voldoende, terwijl voor voetstukken van zuilen of voor zuilen uit één stuk veel grotere massa's moesten worden uitgehouwen. De meeste zuilen bestonden niet uit één stuk, maar werden opgebouwd in gedeelten, die men de trommels noemt. Daar de zuil van beneden naar boven afneemt in doorsnede, moesten die trommels natuurlijk zo worden gemaakt, dat ze in de juiste volgorde op elkaar pasten. En de voegen moesten zo onopvallend mogelijk zijn. Het is bewonderenswaard hoe precies de trommels met hun oppervlakken aan elkaar sluiten. Men kan er soms geen pennemes tussen krijgen. Reeds nu merken we op, dat de steenwerken aan de groeve zo veel mogelijk werden afgewerkt. Daarvoor waren ook in de groeve of dicht daarbij vaklieden werkzaam, over wie we later spreken. Dat dit het geval was, bemerkten we niet alleen aan de af- of halfafgewerkte blokken, die in de groeven gevonden zijn, maar het blijkt o.a. ook uit de mededeling omtrent de bouw van Salomo's tempel te Jeruzalem, die we aantreffen in 1 Kon. 6 : 7: „Toen het huis gebouwd werd, werd het opgetrokken van steen, afgewerkt aan de groeve, en geen hamer of beitel of enig ijzeren

gereedschap werd gehoord bij het bouwen van het huis." Dit was dus een algemeen verbreide gewoonte, al zal men ten behoeve van de tempelbouw wel bijzonder nauwkeurig te werk gegaan zijn. Natuurlijk heeft dit alleen betrekking op stenen voor gebouwen en niet op blokken, die voor beeldhouwers bestemd waren.

Over de vraag hoe men de blokken uit de rots loswerkte zijn nagenoeg geen berichten van oude schrijvers over: we moeten het opmaken uit hetgeen men in de groeven zelf vindt. Daaruit blijkt, dat men ongeveer dezelfde werktuigen heeft gebruikt als tegenwoordig, vooral de beitel en de houweel; machinale steenboren had men natuurlijk nog niet. Ook de steenzaag gebruikte men. Er is zelfs een steen bekend, die over een lengte van 4 m. spiegelglad doorgezaagd is. De zaag moet dus nog langer geweest zijn, ze was zonder tanden. De Egyptenaren schijnen zagen gehad te hebben, wier snee met edelstenen bezet was om de scherpte te verhogen. Maar anders strooide men zand, wellicht soms met staalvijlsel vermengd, in de steensnede. Er waren ook steensoorten, die men met een getande zaag bewerkte.

Wilde men een blok losmaken dan werd de omvang afgetekend en hakte men langs de lijnen een rij gaten, 20 of 30 cm diep, 5 of 6 cm breed en van boven ongeveer 10 cm, van onderen 8 cm lang, ze liepen dus naar beneden enigszins toe. Voor grote blokken waren ook deze afmetingen groter. Daarna sloeg men in al deze gaten houten wiggen en begoot deze met water, zodat ze zwollen. Daardoor liet de steen langs de rijen van wiggen los. Kwam het er niet zo nauwkeurig op aan, dan maakte men gebruik van natuurlijke spleten in de rots of sloeg men metalen wiggen in de steen totdat hij losliet. Maar dan was men niet altijd zeker van de richting van de breuk. Soms liep het niet zoals men wilde, dan begon men opnieuw in een andere richting. Moeilijker was het een grote monoliet uit te hakken voor een zuil. Men tekende de lengte der zuil af door aan weerskanten diepe insnijdingen te maken. Dan werkte men van het blok, dat zuil moest worden in de lengte de zuil half af, zodat men een z.g. halfzuil kreeg. We zien zulke halfzuilen nog wel eens aan oude bouwwerken. Ze lijkt een zuil, maar ze steekt slechts met de voorste helft uit de muur. In de groeve leek het dus alsof een zuil te voorschijn kwam, maar haar achterste helft bestond nog niet, die was nog geheel één met de steenbodem. Aan weerszijden van deze halfzuil maakte men nu een spleet of een rij wiggaten, die in de voor het losmaken

meest voordelige richting geboord werden. Wanneer men nu òf in die spleet breekijzers dreef, òf in de wiggaten wiggen, die men door begieting deed uitzetten, dan brak het blok los en wel zo, dat als het ware de achterste nog onbewerkte helft van de zuil vrij raakte, omdat de steen in de richting van het reeds bewerkte deel het dunst was en de breuk onwillekeurig daarheen werkte. Daarna kon men de zuil met beitels geheel afwerken.

Aan de nog in de groeve liggende blokken kan men de gaten voor de wiggen nog zien. Ook ziet men andere gaten, waarin houten gestoken werden of bouten ten behoeve van het naar beneden laten of transporteren der blokken. Het transport was niet gemakkelijk, vooral niet wanneer het grote stenen betrof. In zijn handboek over de mechanica vertelt de oude technicus Heron, over wie we later handelen, hoe men de zware lasten optilde om ze te plaatsen op een houten slede. We zullen hem zelf laten spreken: „Het tweede werktuig (hij had eerst over het wiel gesproken) is de hefboom, wellicht het eerste dat men uitvond om zware lasten te bewegen. Want toen men zich voornam grote lasten te bewegen, moest men die eerst van de bodem opheffen, maar men kon ze niet aanpakken, omdat het gehele benedenoppervlak van de last op de bodem rustte. Toen groef men onder de last de aarde uit, stak het uiteinde van een lange paal onder de last, legde daarna naast de last onder die paal een steen, en drukte het andere eind van de paal naar beneden. En daar bleek, dat die beweging zeer gemakkelijk was, vond men zo de mogelijkheid grote lasten te bewegen. De paal, vierkant of rond, noemt men hefboom. En hoe dichter de steen bij de last gelegd wordt, des te gemakkelijker wordt de last opgelicht." De lezer ziet, hoe duidelijk deze antieke technicus de hefboom in zijn handboek beschrijft. Ook over de wig spreekt hij en omdat we die reeds meermalen noemden, willen we ook daarover nog even Heron het woord geven. „De wig is vooral van nut, wanneer men in de steengroeven stenen van de bodem moet loswerken; geen van de andere werktuigen, al nam men ze alle tezamen, is daartoe in staat. Alleen de wig werkt bij iedere willekeurige slag en de werking verslapt niet in de tussenpozen van de slagen der arbeiders, maar de spanning blijft krachtig. Dat blijkt hieruit, dat soms ook zonder dat op de wig geslagen wordt, alleen door de werking van de wig met gekrak scheuren ontstaan. Hoe geringer de hoek van de wig is (dat is dus hoe spitser hij toeloopt), des te gemakkelijker werkt hij, dat is, een des te

zwakkere slag heeft hij nodig". Maar we keren terug naar het transport.

In het oude Egypte had dat plaats op houten sleden langs daartoe aangelegde banen naar de Nijl, vanwaar het transport verder per schip kon plaats vinden. Die banen liepen soms over hogere gedeelten heen, daar waren ter weerszijden van de weg trappen uitgehouwen, waarop de slaven liepen die de slede voort te slepen hadden. Liep de weg naar beneden, dan had men om de 12 stappen stenen palen langs de baan aangebracht, waaraan kranen bevestigd konden worden, waarmee men de last langzaam kon laten afglijden. Er is een afbeelding uit het oude Egypte, waarop men ziet hoe 172 mannen aan vier lange touwen de slede voortslepen, waarop het 6½ m hoge albasten beeld van een vorst Tuthophe vervoerd wordt. Een opzichter zit op de knieën van het beeld om de mannen aan te vuren, terwijl een ander water op de weg giet om het gloeiend lopen van de slede tegen te gaan. Hoe moeilijk een transport kon zijn, zien we aan het voorbeeld van een monoliet van Sais, die uit de steengroeven van Elephantine drie volle jaren op weg was en dat niettegenstaande 2000 mannen aan het transport werkten. Als het mogelijk was, legde men bij de steengroeve kanalen aan. Moest een obelisk vervoerd worden, dan groef men een kanaal dat er dwars onder door liep, schoof met stenen beladen schepen in dat kanaal onder de obelisk, loste dan de stenen, zodat het schip steeg en de obelisk kon oplichten. Het is duidelijk met welk een moeite dat alles gepaard ging en hoe groot zo'n schip moest zijn. Ook in Griekenland transporteerde men de zware lasten op gesleepte sleden. Men treft daar langs sommige wegen nog diepe gaten, in de rots gehouwen aan, waarin sterke balken geplaatst werden, waar men de kabels om heen kon slaan, waarmee de grote blokken naar beneden gelaten werden.

Het is bijna ongelofelijk wat er op dit gebied volbracht is. Enige voorbeelden. De twee kolossen, die ook wel de zuilen (maar dat zijn ze niet) van Memnon genoemd worden en die ook thans nog bij Thebe in Egypte staan, zijn 21 m hoog, althans dat waren ze, want van één is ongeveer 2 m afgesleten. Toch zijn ze in het tweede millennium v. Chr. naar hun plaats gebracht. Zelfs voor moderne ingenieurs zou dit een bijna niet te geloven prestatie zijn. Het is dan ook geen wonder, dat evenals thans, reeds in de oudheid talrijke toeristen de kolossen bezocht hebben. Daar kwam bij dat een van beide beelden bij zonsopgang geluid gaf, dat enigszins op gezang kon lijken.

De oorzaak hiervan lag in de warmte van de zonnestralen, die op de stenen inwerkte. Tot de hoge bezoekers behoorde o.a. Keizer Hadrianus in 130 n. Chr. In de Romeinse keizertijd werden in een tempel van de Syrische stad Baälbek drie stenen blokken met afmetingen van 3 bij 4 bij 19 m op een onderstuk geplaatst van 4 m hoog; die hadden dus een inhoud van 238 m^3, en een zwaarte om van te duizelen. Maar de technici hebben het klaargespeeld.

Thans willen we spreken over het *transport* van enige obelisken. Een *obelisk* is een hoge, smalle vierhoekige stenen pijler, die naar boven toe smaller wordt en op zijn top een pyramidevormige spits draagt. De naam „obelisk" moge ons enigszins plechtig aandoen, maar dat is hij oorspronkelijk in het geheel niet. Het is een Grieks woord en betekent „braadspitje". De Griekse volkshumor heeft deze naam kennelijk uitgevonden. De obelisken zijn alle monolieten, dat wil dus zeggen bestaan uit één steen. Ze zijn in Egypte gemaakt, de meeste vóór 1000 v. Chr.; meestal werden ze opgericht ter ere van een regeringsjubileum van de vorst. Door de Romeinse keizers zijn er verscheidene naar Rome overgebracht; thans staan er daar 14. Naar Parijs werd er in 1831 een vervoerd, waar hij staat op de Place de la Concorde. Twee obelisken, die in de 15e eeuw v. Chr. werden opgericht dooor Thutmosis III te Heliopolis voor de tempel van de zonnegod, staan thans in meer moderne omgeving. Zij werden door de Egyptische regering cadeau gedaan, de ene, 20 m hoog, bevindt zich sinds 1878 te Londen op Victoria Embankment, de andere 22 m hoog, pronkt sinds 1880 te New York. Uit al deze verplaatsingen blijkt, dat we thans in aanraking komen met het transport van de obelisken niet van de groeve naar hun eerste plaats van opstelling, maar met het vervoer over zee naar Rome. Het moderne transport naar Parijs, Londen en New York (dat telkens enige tonnen gouds kostte) laten we buiten beschouwing.

De Egyptische farao Thutmosis IV richtte omstreeks 1500 v. Chr. een obelisk op voor de Zonnetempel te Heliopolis, de Zonnestad in Egypte. De obelisk bleef daar vele eeuwen staan, totdat in 357 n. Chr. Keizer Constantius II lust kreeg hem naar Rome te vervoeren. Hij bracht daarvoor een plan in uitvoering, dat zijn vader Constantijn de Grote (306–337) reeds gemaakt had. Deze had de obelisk reeds doen strijken, maar vele jaren moest hij op de grond blijven liggen, omdat alles voor het transport naar Rome nog in orde gemaakt moest worden. En dat die voorbereidingen zo lang duurden, is niet te verwonderen,

wanneer we weten, dat deze obelisk, die thans de grootste te Rome is, een hoogte heeft van 32 m, met het voetstuk er bij 47 m en dat hij 447.000 kg weegt. Over de Nijl werd hij naar Alexandrië gebracht en daar lag het grootste schip klaar, dat ooit gebouwd was. We weten dit alles uit een mededeling van de geschiedschrijver Ammianus Marcellinus (geb. ± 330). Dit schip werd behalve door de zeilen door driehonderd roeiers voortgestuwd. Aan de monding van de Tiber gekomen kon het deze rivier nog een eind opvaren tot 4½ km van Rome af. Daar werd de obelisk van het schip gehaald en op sleden gelegd; zeer langzaam vorderde men, totdat men eindelijk de Circus Maximus bereikte. Maar toen moest de obelisk nog worden opgericht. Hoe men dit deed, vertelt de schrijver niet precies, maar uit zijn verhaal blijkt wel, dat er een „woud" (zo zegt hij) van balken werd opgericht en een weefsel van dikke lange kabeltouwen werd geknoopt. Het duurde lang, al die tijd hing het gevaarte aan de kabels, vele duizenden mannen, zo lezen we, draaiden aan grote spillen. En zo kwam de obelisk eindelijk op zijn plaats te staan. Hij bleef daar tot 1588, toen paus Sixtus V hem deed verplaatsen naar het plein voor St. Jan van Lateranen, waar hij nu nog staat.

Hoe men zo'n verplaatsing in de 16e eeuw deed, weten we uit de geschiedenis van een andere obelisk, waarschijnlijk wel de meest beroemde ter wereld, nl. die thans staat op het St. Pietersplein te Rome, 25,50 m hoog. En omdat die 16e eeuwse techniek wel niet veel verschild zal hebben van die der oudheid, zullen we het hier verhalen. Ook deze obelisk stamt uit het Egyptische Heliopolis en werd op last van Keizer Caligula ± 40 n. Chr. naar Rome overgebracht om geplaatst te worden in de Vaticaanse circus. Men bouwde daartoe een kolossaal schip, dat behalve de obelisk nog 800 ton linzen als ballast meevoerde. De mast van dit schip was, aldus vertelt Plinius, zo dik, dat vier mannen hem konden omspannen. Wanneer we bedenken, dat ruim honderd jaar geleden een schip van 1500 à 2000 ton als een wonder der techniek beschouwd werd, krijgen we voor de scheepsbouwers van negentien eeuwen geleden toch wel respect. Tussen haakjes: toen dit schip zijn taak volbracht had, liet keizer Claudius het in de monding van de haven van Ostia zinken, liet er steenblokken op storten en richtte daarop een vuurtoren op. Het schip deed blijkbaar ongeveer dezelfde dienst als een moderne caisson. De obelisk werd dus naar Rome gevoerd en daar opgericht. Maar dezelfde paus Sixtus V liet hem op 10 sept. 1586 verplaatsen.

Het werk werd opgedragen aan de bouwmeester Domenico Fontana, die de mededeling kreeg, dat hij zou worden gestraft als het niet gelukte. Fontana bestudeerde eerst – en dat is typerend – de schaarse berichten van Ammianus Marcellinus, die we reeds weergaven en ontwierp toen zijn plan. De 900 arbeiders woonden eerst de mis bij en gingen toen aan het werk. Fontana gaf van een hoge zitplaats af zijn bevelen. Verder mocht niemand spreken, ja de paus had zelfs met de doodstraf gedreigd, wanneer men sprak, ongetwijfeld, gezien de levendige aard der Italianen, een verstandige maatregel. De obelisk was omkleed met stromatten en planken, saamgehouden door ijzeren ringen. Met 35 windassen, die ieder door twee paarden en tien mannen bediend werden, zou de obelisk van zijn standplaats opgelicht worden. Op trompetsignaal begon men te werken en weldra raakte het gevaarte in beweging; bij de 12e stoot was hij 2,75 decimeter gerezen. Toen werden de klokken geluid. Zeven dagen lang bleef de obelisk zo hangen, toen werd hij gestreken en op rollen naar zijn nieuwe plaats gebracht. Bij de oprichting werden nog meer mannen gebruikt en bovendien 140 paarden. In drie étappes had de oprichting plaats, één uur vóór zonsondergang van de 10e september stond de obelisk op zijn plaats. Er werden herinneringsmedailles geslagen, gedichten gemaakt in alle talen en de paus zond aan de buitenlandse mogendheden bericht van de gebeurtenis.

Eén incident had tijdens de oprichting plaats. Op een bepaald ogenblik begonnen de touwen te kraken. Toen overtrad een matroos, genaamd Bresca uit Bordighera, het verbod van spreken en riep luidkeels: „acqua alle funi", „water op de touwen". Onmiddellijk gaf men aan dit ongevraagd advies gehoor en het succes bleef niet uit. De paus vergaf de matroos zijn overtreding en schonk aan diens familie het recht, dat zij voortaan de palmen voor het Paasfeest mocht leveren. Nog thans is de stad Bordighera (aan de Riviera) de grote leverancierster van Paaspalmen.

Het is typerend, dat men blijkbaar van het transport en de oprichting van obelisken in de eerste eeuw weinig ophef maakte. Het lijkt of men dat als vanzelfsprekend aannam. Van zulk een gebeurtenis in de 4e eeuw wordt alleen in een korte passage door een geschiedschrijver gewag gemaakt. Maar in de 16e eeuw slaat men ter ere van de technische prestatie medailles en zendt men gezanten uit om de roem der gebeurtenis aan vreemde hoven te verkondigen. Ook in de 19e eeuw vond men het blijkbaar een geweldige prestatie. Want in het voetstuk van de

in 1831 op de Place de la Concorde te Parijs opgerichte obelisk werd een grote afbeelding gebeiteld van de manier, waarop men te werk was gegaan. De verschillende reacties typeren de tijden. De eerste eeuw komt er in bescheidenheid niet slecht af. Maar ook de twintigste niet. Want van het transport en de oprichting van de monoliet, die omstreeks het begin dezer eeuw in Oslo is opgericht en die bewerkt is door de Noorse beeldhouwer Gustav Vigeland konden we niets anders vinden dan de mededeling, dat het transport grote moeilijkheden opleverde en vijf maanden in beslag nam. Overigens is het interessant op te merken, dat deze monoliet 200.000 kg weegt, dus minder dan de helft van de obelisk op het plein van St. Jan van Lateranen en ook van die op het St. Pietersplein, maar dat het transport toch grote moeilijkheden opleverde. Ons respect voor de technici der oudheid moet daardoor wel stijgen.

Reeds meermalen zijn we in dit hoofdstuk met Egypte in aanraking gekomen en wellicht heeft de lezer daarbij gedacht aan de meest beroemde bouwwerken van dat land, de pyramiden. Eigenlijk vallen die buiten het bestek van dit boekje, dat zich in hoofdzaak met de Grieken en Romeinen bezig houdt. Toch willen we er in het kort iets van vertellen. Maar over de godsdienstige betekenis spreken we niet, ook gaan we niet de inwendige bouw na, met zijn grafkamers en andere vertrekken en zijn warwinkel van gangen. We blijven maar aan de buitenkant.

De naam *pyramide* is aan de monumentale Egyptische koningsgraven gegeven door de Grieken, die door de vorm herinnerd werden aan de vorm van een bepaalde tarwekoek, die zo heette (puros betekent tarwe). Er zijn ongeveer 35 pyramiden over, die alle staan bij de westelijke oever van de Nijl in een lange rij van noord naar zuid. Ze stammen uit verschillende tijden, maar sommige zijn zeer oud. De meest bekende, de pyramide van Cheops, is niet de oudste, maar wel de grootste. Cheops regeerde van 2700–2675 v. Chr. De pyramide, die hij liet bouwen, is ruim 230 m in het vierkant en was 147 m hoog, dat is dus 37 m hoger dan de Utrechtse domtoren; *was* zeggen we; want in de loop der tijden is er ongeveer 10 m afgegaan. De inhoud van de pyramide is dus 2.592.100 m^3, dat is die van ongeveer 3250 ruime moderne ééngezinswoningen met 8 kamers, dus van een vrij grote stad. Zij bergt in haar binnenste de met graniet beklede grafkamer, die 10,42 m lang, 5,21 m breed en 5,82 m hoog is. Zij is opgebouwd uit 210

lagen steen. Men heeft opgemerkt, dat om de 10 of 11 lagen één laag voorkomt van grotere stenen. Dit feit geeft ons een kijk op de wijze, waarop de stenen werden aangevoerd en verwerkt. Het materiaal kwam uit vaak ver afgelegen steengroeven, al trachtte men natuurlijk ook dichtbij gelegen groeven te exploiteren. Al die zware blokken werden over de Nijl aangevoerd en dat kon het best als de rivier op haar hoogst stond. Dat is gedurende drie maanden het geval, in die tijd viel de grote transportdrukte. Men loste de blokken en sorteerde ze naar de grootte. Want men moest natuurlijk iedere laag saamstellen uit blokken die even hoog waren, om het horizontale vlak te bewaren. En nu blijkt dat men de grootste stenen het eerst aan de beurt liet komen. Zo vormden die als het ware een jaarring; uit het aantal van die lagen van grote stenen zien we dat er over de pyramide van Cheops 20 jaar gebouwd is. In die tijd heeft men de 2.300.000 blokken verwerkt, waaruit ze bestaat, dat is dus gemiddeld meer dan 115.000 blokken per jaar. We gaan niet in op de arbeiderskwestie, maar het is duidelijk, dat bij het houwen, het transporteren en het bouwen duizenden bij duizenden mensen moeten hebben meegewerkt. Hoe bouwde men nu zulk een pyramide?

Helaas is er geen oude Egyptische beschrijving van de bouw over. Wel spreekt de Griekse geschiedschrijver Herodotos (± 484–425) er over. Op zijn reizen bezocht deze ook Egypte en zag de pyramiden. Maar wat hij over de bouw ervan zegt is niet anders dan wat men in zijn tijd vermoedde. Hij vertelt onder meer dat men de steenblokken telkens met een soort van houten hefmachine een trede naar boven bracht. Maar de nieuwste onderzoekingen leren het anders, want er zijn sporen gevonden van een geheel andere methode. Laten we die in het kort beschrijven.

Wanneer de plaats van de pyramide was vastgesteld, begon men eerst dat deel te bewerken, dat onder de aarde zou komen, men hieuw dus de onderaardse gangen en vertrekken uit de rotsbodem uit. Was men daarmee klaar dan werd het terrein horizontaal geheel gelijk gemaakt, want de pyramide moest natuurlijk loodrecht komen te staan. Om dat gedaan te krijgen ging men waterpassen en wel in de letterlijke zin. Men groef om het terrein kleine greppels, die met water gevuld werden. De oppervlakte van dat water was natuurlijk precies „waterpas" en daarnaar kon men het gehele terrein volkomen horizontaal maken. Om de pyramide zuiver te oriënteren gebruikte men volgens de deskundige geleerden waarschijnlijk de volgende

methode. Om het terrein heen wierp men een cirkelronde aarden omwalling op van ongeveer manshoogte. In het middelpunt plaatste men een paaltje. Daarbij posteerde zich des avonds een waarnemer, die precies naging bij welk punt van de omwalling een bepaalde ster opging en bij welk ander punt die ster weer onderging. Met behulp van een schietlood werden deze punten op de bodem aangetekend en vandaar lijnen getrokken naar het paaltje in het middelpunt. De hoek, die deze beide lijnen maakten werd gehalveerd en de deellijn gaf de richting van het Noorden aan. De vier zijden van de toekomstige pyramide werden met houten latten afgemeten. De nauwkeurigheid blijkt zeer groot geweest te zijn. Bij de pyramide van Cheops is de langste zijde slechts 19,5 cm groter dan de kortste, en dat op een lengte van meer dan 230 m.

Was de plaats, waar de pyramide komen moest, aldus nauwkeurig vastgesteld, dan moest ook de aanvoerweg in orde worden gemaakt. Die liep van de Nijl af opwaarts en moest stevig aangelegd worden. Want, terwijl men de kleinere stenen in de buurt trachtte te vinden, kwamen de zwaardere blokken, en zeker de granietblokken over de Nijl van elders. Men legde de wegen op een sterke steenfundering en moest herhaaldelijk eerst het terrein door aardopvulling gelijk maken. Terwijl men vroeger, zoals reeds werd opgemerkt, met Herodotos geloofde, dat de blokken met hefboomwerktuigen trap na trap naar boven werden gebracht, zijn de op dit terrein deskundigen thans van oordeel, dat ze gesleept werden. Men legde aan de oostzijde, omdat die het dichtst bij de Nijl was een helling aan, die naarmate de bouw steeg, telkens hoger gemaakt werd. Daartegen werden de blokken opgesleept. Bij iedere laag begon men in het midden en werkte zo naar de vier zijden toe. Had men zo de top bereikt, dan moesten nog de stenen worden aangebracht, die de vier zijden van de pyramide bekleedden. Deze werden waarschijnlijk op de bodem pasklaar gemaakt. Maar dan had men aan één helling niet genoeg. Aan alle vier zijden werden over de steenlagen, die dan nog trapsgewijs op elkaar lagen, aarden hellingen aangebracht, waarlangs men de bekledingsstenen naar boven kon slepen. Men begon van boven af en al naarmate men daalde, werden die hellingen weggewerkt. Wanneer men geheel beneden was, lag de pyramide voor het eerst geheel zichtbaar.

Men neemt aan, dat de arbeiders in verschillende klassen verdeeld waren. Er waren er, zo vertelt Herodotos, die de blokken van de groeve naar de Nijl voerden; anderen brachten ze van

de Nijl naar de plaats der pyramide, en weer anderen sleepten ze naar hun plaats. Tijdens de drie maanden van de hoogste waterstand van de Nijl moest het transport plaats vinden; dan werkten voor de pyramide van Cheops 100.000 man, waarschijnlijk van het platteland, waar men in deze tijd van overstroming toch niet op de akkers kon werken. Het is begrijpelijk, dat een keur van opzichters en architecten het gehele werk leidde. Ook de voedselvoorziening en de verdere verzorging, hoe primitief die wellicht geweest is, eisten een uitgebreide organisatie. Later ging men de pyramiden van lichter materiaal bouwen en maakte men o.a. gebruik van puin en gruis tot opvulling; de inwendige muren werden toen opgebouwd van blokken, die van andere bouwwerken afkomstig waren. Maar zonder twijfel behoren de pyramiden tot de moeilijkste en meest bewonderenswaardige bouwwerken ter wereld.

De Grieken en Romeinen hebben geen pyramiden gebouwd. Toch staat er bij de poort naar Ostia te Rome een pyramide. Die vormt het graf van Gaius Gestius Epulo, praetor en volkstribuun, die in 12 v. Chr. gestorven is. Deze pyramide, die van tegels gemaakt is en met marmer bekleed, is 36,4 m hoog en 29,50 m breed. Er is een grafkamer in van ongeveer 6 bij 4 m en bijna 5 m hoog. Het is dus als het ware een miniatuurpyramide en haar bouw zal wel geen bijzondere moeite gekost hebben, al is ze keurig afgewerkt.

II

METALEN, ERTSMIJNEN EN GLAS

Evenals nu kwamen natuurlijk ook in de oudheid de metalen uit de aardbodem. Het woord wijst er al op; want metaal komt van het Latijnse *metallum*, Grieks *metallon*, en dat betekent in de eerste plaats *mijn;* het hangt waarschijnlijk samen met een Grieks werkwoord, dat *naspeuren, onderzoeken* betekent. We zullen dus in dit hoofdstuk moeten spreken over de ertsmijnen. Steenkolenmijnen heeft de oudheid niet gekend, hoewel er wel sporen zijn van het gebruik van bruinkolen. Maar de gewone brandstof was hout en houtskool; de eerste berichten over delving van steenkolen dateren uit het begin der 12e eeuw en eerst sedert het einde der 17e eeuw neemt de steenkolenproduktie toe, sedert het begin der 19e eeuw die van de bruinkolen. Een mijn in de oudheid is dus een ertsmijn, en daaruit haalde men goud, zilver, koper, ijzer en andere metalen. Voordat we handelen over de techniek van deze metaalwinning in het algemeen, zullen we eerst onze aandacht richten op de afzonderlijke metalen en nagaán waar ze gevonden werden.

Reeds in de oudste tijden, waarvan we iets weten, speelde het *goud* bij de Grieken een grote rol. Bij Homeros wordt het herhaaldelijk vermeld en de vondsten doen zien, dat hij niet overdreef. Allerlei gouden sierraden, bekers, maskers en dergelijke voorwerpen heeft men gevonden. En dat terwijl Griekenland zelf arm was aan goudmijnen. Dat vele goud uit die oudste tijden moet uit het Oosten gekomen zijn, hetzij door handel, hetzij als buit bij overwinningen. Rijke goudmijnen had men in Indië en vooral ook in Egypte, Nubië en Ethiopië. Herodotos vertelt, dat in dit land het koper zeldzamer en kostbaarder was dan goud en dat de gevangenen zelfs met gouden ketenen gebonden waren. In Abessynië en in de Arabische woestijn zijn nog de sporen van oude goudmijnen gevonden. In de oudste tijden gold ook in Egypte het goud niet als het kostbaarste metaal, maar het zilver, dat slechts schaars voorkwam en verkregen werd uit het z.g. *elektron,* een metaalmengsel van goud en zilver, waaruit men door smelting het zilver wist af te scheiden. Op allerlei plaatsen in Azië werd goud gevonden, vooral Lydië was rijk aan het edele metaal. Niet alleen in de bodem kwam het voor, maar het werd ook door rivieren meegevoerd; de rivier de Paktolos was het meest bekend door het

goud, dat zijn stroom bevatte. In Griekenland werd weinig goud gevonden, alleen het kleine eilandje Siphnos leverde het op. Oude, door de Phoeniciërs geëxploiteerde, mijnen op Thasos waren later uitgeput, in Macedonië hadden de koningen nog mijnen, die behoorlijk wat opleverden. Italië produceerde goud in het noordelijk deel van de Povlakte, maar verder was er niets te vinden. Daarentegen was Spanje zeer rijk aan goud. De mijnen daar waren al ontgonnen door de oorspronkelijke Keltische bewoners en werden later ook door de Phoeniciërs, de Karthagers en de Romeinen geëxploiteerd. Ook in Gallië en noordelijker in de Donaulanden vond men goud. We zullen al die plaatsen niet opsommen; genoeg is, dat we opmerken, dat het goud in Griekenland en Italië in hoofdzaak moest worden ingevoerd. Hoe men het uit de mijnen haalde bespreken we later, omdat de methode voor de verschillende metalen vrijwel gelijk was. De goudkorrels, die door rivieren aangevoerd werden, wist men door voortdurend wrijven en wassen van het zand te scheiden. Hetzelfde deed men met goud, dat aan de oppervlakte van de bodem, vermengd met zand en aarde werd aangetroffen. Dit was een werk voor vrouwen en minder krachtige mannen.

Het goud werd gebruikt tot versiering van verschillende zaken, in de bouwkunst bracht men het aan op wanden en zolderingen, op kapitelen van zuilen, zelfs op dakpannen; verder op meubelen en vazen, op wapens, beelden en reliefwerk. Natuurlijk sloeg men er ook munten van. Beelden, die geheel van massief goud waren gegoten, kwamen natuurlijk niet zo vaak voor; meestal kwamen ze uit het oosten als geschenken voor heiligdommen e.d. Verreweg het grootste deel van gouden beelden was hol gegoten op de wijze, die we later beschrijven zullen. Het goud, dat bij wijze van vergulding ergens opgebracht werd, moest natuurlijk uiterst dun zijn. De goudsmid smolt de baar en goot die tot een plat vlak, dat hij dan verder uithamerde, zodat het groter en dunner werd. Ja het is wel zeker, dat men dit zo wist te doen, dat er als het ware bladgoud ontstond. Waarschijnlijk hamerde men het goud, evenals in de middeleeuwen, tussen perkamentbladen. Met deze uiterst dunne goudbladen kon men een beeld, of bepaalde delen van een beeld, of een ander voorwerp vergulden. Men sneed daartoe in het te vergulden voorwerp kleine groefjes en hamerde daarin het bladgoud vast. Het bleef dan wel zitten, maar het is duidelijk, dat het weer gemakkelijk losliet en vele gevallen van diefstal van dit goud zijn bekend. Ook vergulde men wel met

behulp van vuur, waarbij men kwikzilver gebruikte. Hoe dat precies ging, weten we niet, maar het schijnt, dat het kwikzilver zich met het goud vermengde en daarna vervluchtigde. Ook wist men bladgoud te bevestigen met eiwit als kleefstof. Knap waren de antieke goudsmeden in het vervaardigen en verwerken van filigraan, draadwerk. Men kende twee methoden om gouddraad te maken. De ene was deze, dat men uiterst smalle repen sneed en die met een hamertje rond maakte; de andere bestond hierin, dat men de draad trok, namelijk door ronde gaatjes in een plaat ijzer, die telkens kleiner waren, zodat de draad steeds dunner werd. De dunne gouddraden konden natuurlijk voor allerlei versieringswerk gebruikt worden, ook bij het vervaardigen van kostbaar textielwerk deden ze dienst. Vooral de Etrusken waren knap in het granuleren, dat is in het versieren met goudkorreltjes (lat. granum, korrel), die op de ondergrond werden vastgesoldeerd met een soldeersel, dat bestond uit een mengsel van goud, zilver en koper, zoals de tegenwoordige goudsmeden ook nog gebruiken. De kunst om goud te solderen was reeds zeer oud, ook bij de uit Myceense tijd daterende schatten treft men gesoldeerd goud aan (1600 v. Chr.).

Het *zilver* is in de oudste tijden minder bekend geweest dan het goud, het werd minder verbreid aangetroffen en was moeilijker uit de bodem te verkrijgen. Wanneer toch in het Oosten veel zilver aangetroffen werd, dan was dit in hoofdzaak geïmporteerd door de Phoeniciërs, die sinds 2000 v. Chr. een uitgebreide handel erin dreven. Zij haalden het uit Spanje, waar de rijkste zilvermijnen werden aangetroffen, die later ook door de Carthagers en de Romeinen geëxploiteerd werden. Ook in het overige deel van Europa werd het hier en daar gevonden, maar die mijnen waren van minder betekenis. Een uitzondering moet gemaakt worden voor de zilvermijnen bij Laurion in het zuiden van Attica. Die waren het eigendom van de staat en voor Athene een belangrijke bron van inkomen. Toch haalde men er niet zoveel zilver uit als men zou verwachten. Het edele metaal kwam namelijk slechts met 1 tot 3 % voor in looderts en in de scheiding was men nog niet zo bedreven. Voor de Atheners was het lood slechts een bijprodukt van het zilver. Thans is het omgekeerd. Want sinds 1864 worden de mijnen weer geëxploiteerd en zij leveren voornamelijk lood, zink, ijzer en koper. De sporen van de oude ontginning zijn nog aanwezig, men treft in de bodem nog 2000 schachten en mijngangen aan (waarover later) en bovengronds metaalwasserijen en smeltovens, terwijl talrijke regenbakken nog getuigen van de water-

armoede der streek.

Het zilver werd in het algemeen voor dezelfde doeleinden gebruikt als het goud. Bij de Grieken treffen we het eerder aan dan bij de Romeinen. Dezen begonnen het eerst in 268 v. Chr. te gebruiken voor het stempelen van munten, en pas later, toen de Spaanse zilvermijnen in hun bezit kwamen, nam het bezit van zilveren kunstvoorwerpen toe, waarbij men merkwaardigerwijs soms meer waarde hechtte aan het gewicht dan aan de kunstwaarde. Er waren zelfs schotels van 33 kg en nog veel zwaardere, zodat verscheidene slaven nodig waren om ze te versjouwen. Terwijl een goudsmid in het Grieks een „goudgieter" heet, wordt een zilversmid „zilverslager" genoemd, zoals wij van een koperslager spreken. Dat is begrijpelijk, want juist het ciseleren, het drijven in zilver, kwam in tegenstelling tot het gieten veel voor. Men deed dat door een dunne zilverplaat op een met de nodige figuren bewerkte vorm van hout of ander materiaal te leggen en met fijne hamertjes het zilver de vorm van die mal te doen aannemen. Later vormde men dan de bewerkte plaat tot een of andere vaas of pot. Ook kan men die eerst maken en dan van binnen uit de verlangde figuur naar buiten kloppen. Dit was natuurlijk veel moeilijker. Ook reliefwerk tot een ander doel kon men op deze wijze maken; om indeuking te voorkomen vulde men het reliefwerk meestal op met hout of leem. Massieve zilveren beelden hadden hun waarde vooral door het materiaal. De grotere waren meestal van brons, dat verzilverd werd volgens de methode, die we bij het goud reeds bespraken. Kleine beelden waren dikwijls zeer fraai, men kon bij hun fabrikatie profiteren van de buigzaamheid van het zilver. Onder de gebruiksvoorwerpen kende men de zilveren spiegels, soms massief, soms alleen bestaande uit een zilveren plaat, bevestigd op ander materiaal.

Terwijl in de oudheid munten geslagen werden van verschillende metaalsoorten, evenals thans, speelde het zilver in het muntwezen een belangrijke rol. Daarom zullen we hier enige woorden zeggen over de techniek van het stempelen. Men goot het metaal in stukken van ongeveer de grootte van de munt of hakte zulke stukken af van een platte stang van het metaal of sneed ze uit een plaat. Het stuk werd dan tussen twee ijzeren of bronzen stempels gelegd. In de onderste had een graveur het beeld gesneden dat op de munt moest komen en dat voor de voorzijde van de munt bestemd was, in de bovenste stempel was ingesneden wat op de achterzijde van de munt moest komen. Op de bovenste stempel werd de hamer, al naar gelang de

hardheid van het metaal, één- of meermalen geslagen. De rand van de munt bleef ruw, later wordt hij ook wel bijgewerkt, ja zelfs getand om vervalsing en snoeiing te voorkomen. In Griekenland werden ook zeer kleine zilveren muntjes geslagen, zo ongeveer als de zilveren stuivertjes, die de oudsten onder de lezers zich nog wel uit hun jeugd zullen herinneren. Sinds 600 v. Chr. waren de Griekse munten rond, zoals de onze thans nog zijn. In de oudste tijden van Rome gebruikte men alleen koper en was de *as* de munteenheid. Die woog een Romeins pond, dat is 3¼ ons. Het moet dus wel een heel gemak geweest zijn, dat men ook zilveren munten ging invoeren. Het Latijnse woord voor pond *(libra)* leeft nog voort in de Italiaanse *lire;* trouwens ook de Engelsen hebben hun *pond* en korten dat af tot £, de eerste letter van *libra.*

Het is merkwaardig, dat noch de Grieken noch de Romeinen een eigen woord hadden voor *koper.* Want door het woord, dat ze gebruiken, duiden ze zowel koper aan als brons. De lezer weet, dat brons een mengsel is van koper en tin. Het antieke brons bevat 90 % koper en 10 % tin (het moderne 70—95 % koper en 30—5 % tin). Uit het feit, dat er geen eigenlijk woord voor koper bestond, mag men terecht opmaken, dat de oude Grieken eerder kennis gemaakt hebben met het door de Phoeniciërs geïmporteerde brons dan met het zuivere koper. Het brons was door zijn hardheid meer geschikt voor wapenen en werktuigen dan het veel zachtere koper. De oudste, in de Griekse wereld bekende, kopermijnen zijn die van Kypros. Het koper wordt dan ook wel Kyprisch metaal genoemd en ons woord koper stamt van een laat-Latijns woord *cyprum.* De sporen van de mijnen op Kypros zijn nog aanwezig, maar hoewel de Engelsen geprobeerd hebben de mijnen weer te exploiteren, is deze poging mislukt; de mijnen zijn geheel uitgeput. In het Oosten waren verscheidene vindplaatsen van koper, maar nog meer kwamen er in Europa voor. We noemen daarvan alleen het eiland Euboia, maar moeten vooral wijzen op Spanje. De gehele oudheid door werd daar koper gedolven. Reeds de oude Phoeniciërs haalden het daar; Tartessos, gelegen aan de tegenwoordige Guadalquivir, was de, thans verdwenen, uitvoerhaven. Het tin, dat voor de menging met koper nodig was om brons te verkrijgen, werd in de oudheid voor verreweg het grootste deel gehaald uit het zuidwestelijke deel van Engeland, het tegenwoordige Cornwallis en Devonshire, waar het ook thans nog in rijke mate gevonden wordt.

Het *brons* werd reeds in de vroegste oudheid voor allerlei

dingen gebruikt; vooral in de Romeinse wereld was het een onmisbaar materiaal. Men maakte er van alles van: ketels, bekkens, sleutels, drievoeten. Men gebruikte het voor de versiering en versterking van meubels, voor lampen en allerlei andere doeleinden. Maar vooral goot men beelden uit brons. De techniek van dat gieten verschilde niet zoveel van de tegenwoordige. In hoofdzaak kende men twee methoden. Verschillende gebruiksvoorwerpen, maar vooral ook kleinere beelden, werden gegoten van massief brons. Men deed dat als volgt. Men vervaardigde een model in was en bekleedde dat met klei. Daarna verhitte men de klei en daardoor smolt de was en liep door een aangebrachte opening weg. De ontstane holte goot men nu vol met brons en na afkoeling verwijderde men de omhullende klei, zodat men het beeld of het voorwerp in brons overhield. Grote beelden goot men niet massief. Men boetseerde het beeld in leem, bracht daaromheen een dunne waslaag aan en daaromheen een mantel van klei. Wanneer nu dit geheel matig verwarmd werd, smolt de was en liep door aangebrachte buisjes weg. In de daardoor ontstane tussenruimte goot men nu het brons. Het is duidelijk, dat groot vakmanschap nodig was om te zorgen dat dit proces goed en gelijkmatig verliep en dat het gehele procédé nog wel wat ingewikkelder was, dan hier in simpele woorden gezegd wordt. Wilde men van een bepaald voorwerp of van een klein beeld meerdere exemplaren hebben, dan vervaardigde men een mal van steen of liever van twee stenen, die precies op elkaar pasten. In elke van die stenen was de helft van de vorm van het verlangde voorwerp of beeld uitgehouwen. Nadat men ze tegen elkaar gelegd had, goot men de holte door een aangebrachte opening vol met metaal. Natuurlijk moest dan na afkoeling de naad, die zichtbaar bleef op de plaats waar de stenen mallen aaneensloten, en ook de oneffenheid, die zich op de plaats van de opening bevond, worden weggeslepen. Grote beelden werden in stukken gegoten, die later aaneengesoldeerd werden.

Er zijn zeer veel bronzen voorwerpen uit de oudheid overgebleven. Maar de beelden, die soms echte kunstwerken waren, zijn nagenoeg alle verdwenen. Want in de latere tijden, toen de mijnen niet meer geëxploiteerd werden, verschafte men zich brons door de beelden te versmelten. Eén groot beeld is aan dit lot ontkomen, nl. het bronzen ruiterstandbeeld van keizer Marcus Aurelius (161—180) op het Kapitool te Rome. Men zag dat aan voor een beeld van Constantijn de Grote, de eerste Christenkeizer, en spaarde het daarom. Het is het oudste

ruiterstandbeeld, dat bestaat, en verscheidene beeldhouwers van dergelijke standbeelden hebben zich er door laten inspireren.

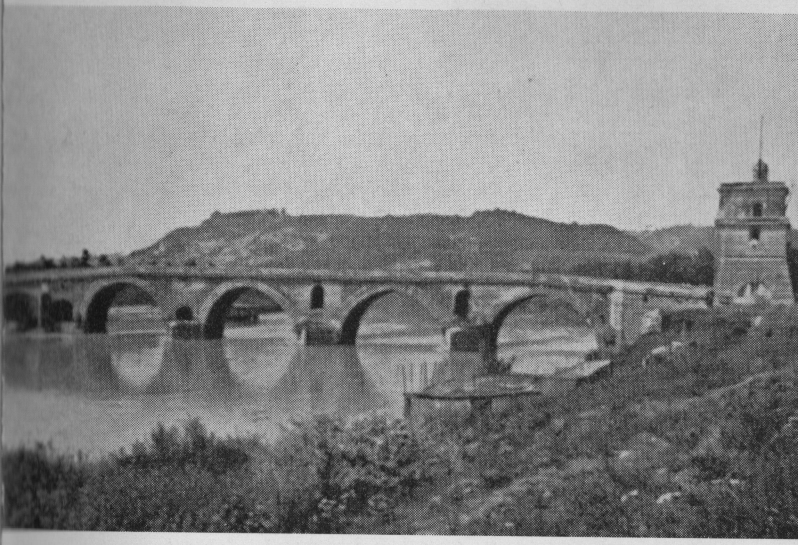
Voordat we tot het ijzer overgaan, wijden we nog enige woorden aan het *lood*. Dit werd op talrijke plaatsen gevonden, ook als bijprodukt van het zilver. Vooral Spanje en Engeland leverden rijkelijk lood op. Het werd gebruikt voor dezelfde doeleinden als tegenwoordig en nog meer. Zo maakte men er ook asurnen van, verder kleine beeldjes, die arme mensen als wijgeschenken aan de goden gaven, toegangsbewijzen voor het theater, fiches voor spelen, identiteitsbewijzen voor soldaten, en ook, zoals thans nog, loodjes voor het kenmerken van koopwaren. Met loden staafjes of wieltjes trok men de lijnen op het papier; het is merkwaardig dat de herinnering hieraan nog voortleeft in ons woord potlood. Ons potlood is in hoofdzaak gemaakt uit grafiet en heeft dus met lood niets anders gemeen dan de naam. Een soort van bijprodukt van lood is het loodwit. Men verkreeg dit als volgt. Men legde loden platen op rieten vlechtwerk boven azijn in een goed gesloten aarden vat. Aan het lood vormde zich een korst, die men afschaafde en in een vijzel met water fijnstampte. Op de bodem zette zich dan het loodwit af. Men gebruikte het bij het schilderen op paneel en vooral als blanketsel.

Terwijl in onze tijd het *ijzer* in het dagelijkse leven veel meer gebruikt wordt dan het brons, schijnt dat in de vroege oudheid niet het geval geweest te zijn. Wel wordt het al enige duizenden jaren v. Chr. aangetroffen, maar de kwaliteit schijnt toen nog niet zo goed geweest te zijn. Eerst later leerde men die verbeteren. IJzererts werd op zeer veel plaatsen gevonden, in Griekenland vooral in Lakonië, Boiotië en op Euboia, in Italië vooral op Elba en Sardinië, het meest produceerde het ertsrijke Spanje. Hoe het ijzererts bewerkt werd, weten we niet precies. Het werd gewassen, fijngestampt en herhaaldelijk op kolenvuur, dat door een blaasbalg werd aangewakkerd, gesmolten. Men schijnt daarbij verschillende mineralen gebruikt te hebben, maar welke weten we niet nauwkeurig. Eindelijk verkreeg men dan het ijzer in de meest zuivere toestand. De wijze, waarop de smeden het verder bewerkten, verschilt niet veel van de manier waarop ze het thans doen. Men gebruikte hamers, tangen, een aambeeld en ook de blaasbalg. Voor wapens en sommige werktuigen was het nodig, dat ze van zeer hard ijzer gemaakt werden. Stevige punten en scherpe sneden konden alleen daarvan gefabriceerd worden. Reeds in zeer oude tijden wist men het ijzer tot hard staal te maken door verhitting tot een

bepaalde graad van warmte en afkoeling en door hameren. Aan het koelwater kende men bepaalde eigenschappen toe, zo meende men dat de zwaarden, die uit Spanje kwamen, zo degelijk waren, omdat in dat land het water zo geschikt was tot de afkoeling. Men schreef de buigzaamheid van het Spaanse staal dus toe aan de kwaliteit van het water. Voor het polijsten gebruikte men aarde uit Samos, de slijpstenen kwamen uit Kreta, Lakonië of Armenië en men bevochtigde die met olie en water. Het gieten van ijzer schijnt men in de oudheid niet gekend te hebben, tenzij wellicht alleen voor kleine voorwerpen. IJzer is natuurlijk vergankelijker dan brons, vandaar dat er niet zoveel voorwerpen overgebleven zijn. Maar toch kan men in de musea nog heel wat sloten, werktuigen, zwaarden, speerpunten enz. uit de oudheid bewonderen.

Tot nu toe hebben we gesproken over de verwerking van de verschillende metalen, nu komt aan de orde de vraag, hoe ze uit de aardbodem gehaald werden. Het gemakkelijkst was natuurlijk wanneer de ertsen zich aan de oppervlakte van de bodem bevonden, zoals in sommige streken het geval was. Maar het is begrijpelijk, dat men ook dan hoe langer hoe dieper ging graven. En wanneer men bemerkte, dat een ertsader naar beneden doorliep, ging men er toe over een schacht te graven. Bleek het gehele gebied rijk aan ertsen te zijn, dan groef men meer schachten, was een schacht uitgeput dan liet men haar open liggen en groef een nieuwe. Vandaar dat er in het terrein van Laurion meer dan 2000 schachten aanwezig zijn. Ze waren meestal vierkant, soms, zo b.v. op Cyprus, waren er treden in uitgehouwen. We moeten ze ons niet al te ruim voorstellen, gemiddeld 1,50 m in het vierkant. Bijna steeds gaan ze loodrecht naar beneden, soms tot 111 m. Men daalde er langs ladders in af. Dikwijls zijn er twee schachten dicht bij elkaar; in de diepte zijn ze dan door een dwarsgang verbonden. De ene doet dienst voor de luchtverversing.

Natuurlijk ging men al spoedig horizontale gangen graven; ook die moet men zich niet al te ruim voorstellen, op Samos waren ze zo laag, dat de mijnwerkers er niet in staan konden, maar werken moesten liggend op hun rug of hun zijde. Bij het maken van al die onderaardse gangen moesten de arbeiders het uitgehouwen gesteente van hand tot hand doorgeven om het te verwijderen. Wanneer men op bepaalde plaatsen het erts uitgehouwen had, was het soms nodig de ruimte die ontstaan was, weer met steenblokken op te vullen om instortingen te voor-



Pons Milvius (Ponte Molle) bij Rome (bladz. 47)

komen. Ook liet men wel een pijler staan met dezelfde bedoeling. De gewonnen ertsen werden door de arbeiders van hand tot hand doorgegeven tot de schacht, waar ze door anderen op de rug naar boven gebracht werden, waarbij ze gebruik maakten van gevlochten manden of lederen zakken. Waren de gangen te eng voor een man, dan moesten kinderen, op handen en voeten voortkruipend, de lasten verder brengen.

Voor de verlichting gebruikte men van klei gebakken of van metaal vervaardigde lampen, lang 1 dm, breed 7 cm. In Egypte droegen de mijnwerkers lampen, die op een beweegbare as rustten, voor hun voorhoofd, dus met een band om het hoofd gebonden. Voor de luchtverversing werd zo goed mogelijk gezorgd, soms werd een grotere schacht gegraven, waarmee verscheidene mijngangen in verbinding stonden. Dat was wel zeer nodig, want dikwijls moesten steenblokken worden losgehouwen, nadat men ze eerst door vuur murw had gemaakt. Deze vele duizenden jaren oude methode bestond hierin, dat men een groot vuur op het gesteente brandde en als het daardoor gloeiend geworden was het plotseling met water afkoelde. Dan kon men het met houwelen en wiggen losslaan en het daarna met schoppen verwijderen. Het is duidelijk welk een benauwde rook deze vuurbranden ontwikkelden. Daarom waren er speciale luchtverversingskanalen gegraven, soms parallel aan de mijngang. De mijnwerkers trachtten door het wuiven met doeken de rook van zich af te houden, zoals ze ook deden als ze giftige gassen ontdekten. Maar dit middel was wel uiterst primitief en ondoeltreffend. Er zijn dan ook berichten over, waaruit blijkt, dat de arbeiders tengevolge van de slechte ventilatie als vliegen stierven. Om te onderzoeken of giftige gassen aanwezig waren, liet men een brandende lamp neer; bleef ze branden dan achtte men alles in orde; ging ze uit dan was dat een waarschuwingsteken.

Natuurlijk had men het ook dikwijls te kwaad met het water. Men groef goten waardoor het weg kon stromen, maar waar dat niet ging, trachtte men het weg te werken met emmers, vaten en buizen. Hierbij maakte men ook gebruik van apparaten, die ook boven de grond plachten gebruikt te worden, hefbomen met emmers; later ook kettingpompen en druk- en zuigpompen.

Was het erts boven de grond gebracht dan werd het in mortieren fijngestampt en daarna in handmolens gemalen. Grotere stukken metaal werden natuurlijk in de mijn losgehakt en bovengronds met de hand van steen en aarde gezuiverd. Verscheidene

mortieren of vijzels zijn gevonden, ze zijn 40—60 cm diep en 60—80 cm breed. Ze waren afgesloten met een deksel met een gat in het midden, waardoor de stamper gestoken werd. De molens waren zo ingericht, dat om een vaste kegelvormige kern een beweegbare mantel kon draaien. Het erts werd dan tussen de kern en de mantel fijngemalen en liep aan de onderzijde uit het apparaat. Vier tot zes slaven waren nodig om zulk een zware molen te draaien. Daarna kwam het erts in de wasserij. Daarvoor was veel water nodig en in waterarme streken, zoals bij Laurion, werd dat met de grootste moeite verzameld. Men bouwde daarvoor cisternen of waterbakken en wel op plaatsen, waar men het best het van de rotsen neerkomende water kon opvangen. Een van de oudste gevonden cisternen kan 160 kub. m water bevatten. De wasserijen waren zo ingericht, dat uit een waterreservoir door konisch gevormde openingen het water op een hellende tafel liep, waar het de lichtere aarden deeltjes scheidde van de metaaldeeltjes. Het water werd dan zo geleid, dat het in bakken de onreine deeltjes weer afzette, zodat het opnieuw gebruikt kon worden. Het procédé was in werkelijkheid iets ingewikkelder dan hier beschreven wordt, maar in hoofdzaak kwam het toch hierop neer. Tenslotte werd het metaal in smeltovens gesmolten. Deze gemetselde ovens waren zo ingericht, dat het vuur door toelating van de tocht van de wind of ook wel door blaasbalgen aangewakkerd werd. Betrof het fijner metaal, zoals goud en zilver, dan liet men dat door openingen, die naar believen konden worden gesloten, in vormen lopen, waar het tot klompen kon afkoelen. Was het metaal daarvoor te taai, zoals b.v. ijzer, dan werd het met een breekijzer uit de oven losgebroken en door de opening naar buiten gehaald.

Ziehier in het kort, en in het algemeen, een beschrijving van de winning der metalen. Maar het zou niet te verwonderen zijn als de lezer niet meer dan eens gedacht heeft aan de arbeiders, die dit alles tot stand brachten. Dus ook over hen enige mededelingen. Laten we beginnen met vast te stellen, dat hun werk tot het zwaarste en gevaarlijkste behoorde, dat we ons kunnen denken. We kunnen onmogelijk begrijpen, welk een ellende er in de steengroeven en de ertsmijnen geleden is en hoevele duizenden arbeiders bij hun werk zijn omgekomen. Geen enkele vrije man leende zich tot dit werk, het waren allen slaven, krijgsgevangenen of veroordeelden. Naakt of onvoldoende gekleed werkten zij dag en nacht, de sterksten in de mijnen, de ouderen aan de mortieren, en de grijsaards en vrouwen aan de

molens. Poogde men te ontvluchten, dan moest men in ketenen werken. Trouwens een vlucht in de woeste gebieden, waar soms de mijnen lagen, betekende op zichzelf al de hongerdood. Laten we verder denken aan de engte van de mijngangen, de ongelofelijke hitte, nog vermeerderd door die van de olielampen en de slechte lucht, die men moest inademen. Laten we ook denken aan de zielige kleine kinderen, die het materiaal kruipend door zeer nauwe gangen moesten transporteren. Enigszins verzachtend werkt de omstandigheid, dat de arbeider na zijn werk vaak tot zijn gezin kon terugkeren; de vele in de buurt der mijnen aangetroffen hutten bewijzen dat. Trouwens het belang van de eigenaar bracht mede, dat zo weinig mogelijk arbeiders stierven: een slaaf immers vertegenwoordigt een zeker kapitaal. Maar de veroordeelden en degenen, die pogingen gedaan hadden om te ontvluchten, deelden die gunst niet; dag en nacht bleven ze met ketenen beladen, in de steengroeve of de mijn. De leiding berustte meestal bij vrije mensen. De prijs, waarvoor men slaven kocht, hing af van de leeftijd, de gezondheidstoestand en de bekwaamheid. Als gemiddelde prijs voor een slaaf neemt men in het Griekenland van de 4e eeuw v. Chr. aan 150 drachmen, d.i. ongeveer *f* 70,—.

In sommige streken werkten duizenden slaven in de mijnen. Zo weten we, dat in de zilvermijnen bij Carthagena in Spanje 40.000 slaven werkten. Men heeft wel eens berekend hoeveel die mijnen per jaar opleverden. Er stak aan slaven, werktuigen enz. een kapitaal in van 180 millioen sestertiën, dat is 18 millioen gulden. En de opbrengst was 36½ millioen sestertiën, dat is dus *f* 3.650.000. Daarvan gingen af 21½ millioen sestertiën of *f* 2.150.000 voor afschrijvingen en 2½ millioen sestertiën of *f* 250.000 vooor voeding, zodat de winst was 12½ millioen sesteriën of *f* 1.250.000. Dat is dus 6,94 %, bepaald geen hoog rendement voor die tijd. Zo is het te begrijpen, dat de eigenaars liever veroordeelde misdadigers als werklieden hadden dan slaven, die ze kopen moesten. En wie onder de grond werkte, bleef daar ook 's nachts, zij het dan ook in een grotere ruimte dan de mijngang bood. Het lot der mijnslaven was dan ook allerdroevigst. Vooral ook Christenen werden tot de mijnen veroordeeld. Maar hierbij laten we het, want dit is geen techniek meer, we betreden reeds het terrein der economie en der sociale toestanden. Uit alles blijkt dat wij als we de prachtige antieke produkten van goud, zilver en brons bewonderen, ook wel eens mogen bedenken, hoeveel zweet, bloed en tranen er aan kleeft. Ten slotte willen we niet nalaten de dichterlijke beschrijving

van het mijnwezen te citeren, die we aantreffen in het boek Job (28). Ze bewijst dat de schrijver goed op de hoogte was. Hij zegt:

„Er zijn wel oorden, waar men het zilver te voorschijn brengt,
en plaatsen, waar men het goud wast;
ijzer wordt uit de grond gehaald,
en steen smelt men tot koper.
Men maakt een einde aan de duisternis,
en tot de uiterste diepte doorvorst men het gesteente
in de donkerheid en in de diepe duisternis.
Men boort een mijnschacht ver van waar mensen wonen;
zonder steun voor de voet hangen zij,
ver van mensen zweven zij.
De aarde, waaruit het brood voortkomt –
onder haar wordt er gewoeld als door vuur,
Haar gesteente is de vindplaats van lazuursteen,
die goudstofjes bevat.
Het pad daarheen – geen roofvogel kent het,
het oog van de gier bespeurt het niet;
de trotse dieren betreden het niet,
de leeuw schrijdt er niet over.
De mens slaat zijn hand aan het harde gesteente,
hij woelt de bergen om van hun wortel af;
in de rotsen houwt hij gangen uit,
en allerlei kostbaars ziet zijn oog;
de bronnen der stromen damt hij af,
en hij brengt het verborgene aan het licht.
Maar de wijsheid – waar wordt zij gevonden ?"

Het einde van dit hoofdstuk lijkt de geschikte plaats om iets te zeggen over *glas*. De Romeinse schrijver Plinius (24—79) vertelt in zijn grote werk „Natuurlijke historie" over de uitvinding van het glas het volgende. „Men vertelt, dat een schip van (Phoenicische) handelaren in natron aan land kwam. De zeelieden wilden op het strand hun maaltijd klaarmaken, maar ze vonden geen stenen voor een haard. Daarom haalden ze enige brokken natron uit het schip en legden die onder hun kookpotten. Maar het natron ging in brand en vermengde zich met het zand van het strand en toen vloeiden er doorzichtige stroompjes van een nog onbekende vloeistof. Zo is het glas uitgevonden." Dit is een aardig verhaaltje, maar het kan niet waar zijn. Want een gewoon haardvuur kan nooit zo'n grote hitte geven, dat daardoor uit natron en zand glas gevormd kan

worden. Bovendien is het zeker, dat reeds lang voor de Phoeniciërs hun handel dreven, het glas in Egypte gefabriceerd werd. Misschien heeft daartoe meegewerkt de omstandigheid, dat vooral in Egypte het natron, dat is de soda, en andere kalizouten, gevonden werden. Volgens dezelfde Plinius werd het glas als volgt gemaakt. Men stampte of maalde het zand fijn en mengde dan op negen delen zand drie delen soda en smolt dat mengsel en wel herhaaldelijk, zodat het verschillende stadiën doorliep, totdat eindelijk het doorzichtige glas ontstond. Daar vooral gekleurd glas ter vervaardiging van allerlei gebruiksvoorwerpen en sieraden nodig was, werden allerlei minerale stoffen in het glas gemengd, b.v. koper, magneetijzersteen, ook wel gekleurde stenen en schelpen.

In de oudste tijden schijnt men van dit ondoorzichtige glas vooral kralen gemaakt te hebben, maar later ook flesjes en bekers e.d. Het oudste glazen flesje, dat bekend is, werd gevonden in het graf van Pharao Tuthmosis IV, die leefde omstreeks 1400 v. Chr. De voorwerpen werden echter nog niet geblazen. Het glasblazen schijnt niet eerder uitgevonden te zijn dan kort voor het begin van onze jaartelling. Daarvóór maakte men bekers e.d. met behulp van een vorm, die men in de gesmolten glasmassa dompelde, zodat hij daarmee als het ware bekleed werd. De voet voor glazen werd apart in een holle vorm gegoten en aan het glas aangesmolten. Vormen gebruikte men ook voor het maken van reliefs en andere versieringen.

Duizenden glazen voorwerpen zijn uit de oudheid overgebleven: drinkhoorns, scheplepels, schotels, dozen, lampen, asurnen enz. Daaronder zijn enige zeer fraaie en beroemde vazen. Ook edelstenen werden in glas nagemaakt; verder zijn glazen amuletten en knikkers gevonden. Wanden werden met glas bekleed; in mozaïekwerk, vooral aan de plafonds, werden mooie stukjes glas verwerkt. Ook handspiegels werden wel van glas gemaakt, daarvoor gebruikte men echter geen kwikzilver, maar foelie van andere metalen. Ook voor de afsluiting van vensters heeft men glas gebruikt. Maar dat waren nog niet de mooie, doorzichtige en grote vensterruiten, die wij kennen. Ze waren kleiner en minder doorzichtig. We moeten echter niet menen, dat alle huizen ze hadden. In het algemeen gesproken kende de oudheid de voor ons zo normale vensterafsluiting met glas niet, al kwam ze voor, zelfs in de provincies en meer dan in de middeleeuwen. Vensterglas maakte men met behulp van metalen of stenen platen met een opstaand randje. Daarop goot men de vloeibare glasmassa uit.

Brandglazen heeft men in de oudheid ook gekend, al moet het verhaal, dat Archimedes ze bij de belegering van Syrakuse gebruikt zou hebben om de schepen der vijanden in brand te steken, naar het rijk der fabelen verwezen worden. Dat zouden zulke kolossale glazen geweest moeten zijn, dat men ze nu wellicht ook nog niet zou kunnen fabriceren. Een soort van loep is waarschijnlijk ook wel eens gemaakt, althans Seneca spreekt ervan, dat men door een met water gevulde glazen kogel zeer kleine letters sterk vergroot kan zien. Brillen heeft men niet gekend. Wellicht waren de ogen sterker dan de onze, doordat men zoveel minder las en bovendien jonge slaven had om voor te lezen. Mensen met oogafwijkingen hebben het in de oudheid niet gemakkelijk gehad.

Er bestonden in de oudheid prachtige bekers, die *vasa murrina,* murrinenbekers, genoemd werden. Slechts weinig exemplaren zijn er van over. Het merkwaardige is, dat de geleerden zitten met de vraag uit wat voor materiaal ze vervaardigd waren. Tegenwoordig is men het er wel over eens, dat ze uit vloeispaat bestonden. Ze werden in Rome ingevoerd en kwamen voornamelijk uit Parthië. Alleen daar werden zo grote stukken vloeispaat uitgegraven, dat men er een beker van kon maken. Maar men moest daarbij uiterst voorzichtig zijn, want het materiaal is zeer breekbaar. Deze bekers hadden een matte glans, ze vertoonden talrijke kleuren, die er als vlekken doorheen liepen, vooral purper en wit en menging daarvan. Ze waren niet doorschijnend. We moeten bewondering hebben voor de bewerkers van dit minerale materiaal. De produkten waren dan ook verbazend duur. De best bewaarde murrinenbeker is 9,5 cm hoog en heeft een doorsnede van 11,5 cm.

III

WEGEN EN BRUGGEN

Natuurlijk heeft de gehele oudheid *wegen* gekend, van het eenvoudige voetpad af tot de grote wegen, waarover karavanen en militaire troepen konden trekken. Maar de grote wegenbouwers in Europa zijn de Romeinen geweest. Overal in het Romeinse rijk, dat zich uitstrekte van Germanië tot Afrika en van Indië tot Engeland zijn wegen aangelegd voor handelsverkeer en militaire doeleinden. Men heeft de gezamenlijke lengte van die wegen berekend op 80.000 km. En in verschillende gebieden was een geheel secundair wegennet aangelegd, dat op de grote heirwegen aansloot.

Bij de aanleg van die wegen gingen de Romeinen uit van het beginsel recht toe recht aan, d.w.z. als het maar enigszins mogelijk was vermeden ze omwegen, ook van klimmen en dalen moesten ze niets hebben. Liever namen ze de moeite door terreininzinkingen geweldig grote dammen te bouwen, waarover eeuwen lang het verkeer zonder moeite kon trekken, dan dat ze ook eeuwenlang hun legers, hun handelswagens, hun koetsen en hun voetgangers bergaf en bergop zouden laten zwoegen. Ook zagen ze er niet tegen op in de weg staande rotsen op te ruimen of door bergen tunnels te graven. Op de Appische weg is bij Tarracina een vooruitstekende punt van de Monte S. Angelo 36 m loodrecht verwijderd. En dat in een tijd toen men het dynamiet nog niet kende. Bij Rimini wordt een tunnel, die in 76 n. Chr. gemaakt is, nog dagelijks gebruikt. Ook bij Napels zijn nog tunnels, de een 708 m en de andere 900 m lang. Trouwens reeds vóór de Romeinen verstond men de kunst van de tunnelbouw, denk maar aan de tunnel van Siloah in Jeruzalem, die ten behoeve van de waterleiding in de tijd van koning Hiskia (± 700 v. Chr.) werd geboord. Ook ten behoeve van de afwatering hebben de oude Romeinen tunnels aangelegd. Voor de afwatering van het Albaanse meer werd (naar men zegt in 396 v. Chr., maar het zal wel later geweest zijn) een tunnel gemaakt, 1 tot 2 m hoog en 1 m breed, met een lengte van 1800 m; hij functioneert nog steeds. De langste tunnel der oudheid was die, welke in 52 n. Chr. door keizer Claudius werd aangelegd tot afwatering van het Fucijnse meer; hij was 5640 m lang. Maar helaas heeft hij niet lang gewerkt. Eerst tussen 1854—1875 hebben Franse ingenieurs kans gezien hem weer in dienst te stellen.

Maar laten we naar de wegen terugkeren.

De wegen waren of met vastgestampt grind geplaveid of, vooral in Italië zelf, met grote stukken lavagesteente. Die stenen hadden vaak een zeer onregelmatige vorm, maar ze werden precies aan elkaar aangepast en eventuele openingen werden nauwkeurig aangevuld, zodat men een vrij gelijk wegdek kreeg. Hoe dat geweest is kunnen we nog op sommige plaatsen zien. Zo is b.v. de oude Appische weg over enige kilometers weer geheel blootgelegd. Deze weg, de via Appia, werd in de oudheid de koningin der wegen genoemd (weg, via, is in het Latijn vrouwelijk). Zijn naam heeft hij gekregen naar de censor Appius Claudius Caecus, die hem in 312 v. Chr. aanlegde. Oorspronkelijk liep hij over een afstand van 198 km tot Capua, maar later is hij met 351 km verlengd tot Brindisium. De wegen in de oudheid waren niet breed, evenmin als de straten in de steden (waarover later), maar de Appische weg was toch zo breed, dat twee wagens elkaar konden passeren, nl. 8 m.

Een bijzonder moeilijk gedeelte van de Appische weg begon ongeveer 40 km zuidoostelijk van Rome; want van daaraf liep de weg 50 km door de Pontijnse moerassen. Deze besloegen een gebied van ongeveer 645 vierkante km en hebben alle eeuwen door de technici beziggehouden. De moerassen werden gevormd, doordat de kust (ongeveer 15 km van de via Appia af) bezet was met begroeide duinen en het water, dat in vele stromen van de Albaanse en Volscische bergen kwam, geen uitweg kon vinden. Er zijn enige perioden geweest, waarin de Pontijnse moerassen waren drooggelegd door middel van afwateringskanalen. Reeds de oude Etrusken hadden dat gedaan (6e eeuw v. Chr.). Van hun waterwerken zijn de sporen gevonden. Maar toen de daar na de Etrusken woonachtige volksstammen door de Romeinen overwonnen waren en naar elders overgebracht (358 v. Chr.), werden de waterwerken niet meer behoorlijk onderhouden en zo werd het gebied weer drassig. In deze overgangstijd werd de Appische weg aangelegd dwars door het gebied heen. In 160 v. Chr. poogde de consul Cethegus de moerassen weer droog te leggen en hij is daarin gedeeltelijk geslaagd. Waarschijnlijk heeft hij het kanaal laten graven, dat later langs de via Appia liep en dat het water kon opvangen, en ook de andere werken bracht hij weer in orde. Maar hij kreeg niet het nodige personeel voor een blijvend onderhoud daarvan en dat werd noodlottig. Daarbij kwam ook, dat reeds toen de malaria het leven daar moeilijk maakte. Men had natuurlijk nog geen kinine, maar zelfs wist men nog niet, dat

de mug de oorsprong was van de ziekte. En zo werd het gebied weer een moeras. Ook de weg leed daaronder. Caesar verbeterde die, het vlechtwerk, dat Cethegus er op had laten aanbrengen, was versleten en Caesar liet de weg opnieuw met grind plaveien, bovendien werd het kanaal verbreed, en zijkanalen gegraven. Het kanaal liep nu van Forum Appii (denk aan de reis van de apostel Paulus, Hand. 28 : 15) tot Tarracina over een afstand van 28,5 km en reizigers werden op een door muilezels getrokken schip, dat 300 mensen vervoeren kon, gedurende de nacht vervoerd. Dat spaarde ook nog logiesgeld uit. Bovendien had men dan geen last van de muggen.

Keizer Augustus nam de drooglegging weer ter hand. Zij schijnt vooral hierin bestaan te hebben, dat men door overvloeiend water bezinksel liet meevoeren, dat de bodem moest ophogen, en de natte plekken met aarde en puin bedekte. Het is duidelijk, dat dit geen afdoende maatregel kon zijn. Ook de weg werd weer verbeterd en door ingeheide palen beschermd. Maar in de eerste eeuw onzer jaartelling was de vlakte weer moeras geworden en eigenlijk gaat het verhaal zo door. De via Appia werd onder de keizers Nerva en Trajanus weer geheel hersteld en met steen geplaveid, maar niettegenstaande alle pogingen van verscheidene keizers en later zelfs van 18 pausen om het moeras te doen verdwijnen, bleef het. Het fascistische bewind van Mussolini stelde er een eer in te volbrengen wat vele eeuwen lang niet tot stand gebracht was. Het water dat van de bergen komt, werd door twee kanalen naar zee gevoerd; stilstaand water moest worden weggepompt. Het kan niet ontkend worden, dat een belangrijk deel van het gebied drooggelegd werd, maar in de laatste oorlog werden de afwateringswerken weer buiten werking gesteld, natuurlijk met droevig gevolg. Maar verder gaan we niet, we hebben al te lang de antieke wereld verlaten.

We gaan niet alle wegen bespreken, maar willen toch, om een indruk te geven van hun geweldige lengte een klein overzicht geven. Van Capua, waar de via Appia de reiziger bracht, kon hij langs een andere weg trekken naar Rhegium (Reggio). Daar stak men over naar Sicilië, trok over een der wegen, die het eiland doorsneden naar een havenstad aan de zuidkust en voer vandaar over naar Afrika, naar Carthago. Van hier liep een weg naar het oosten, naar Alexandrië, een andere naar het westen. Reisde men over land naar het oosten van het Rijk, dan ging men van Capua naar Brindisium, voer daar over naar Dyrrhachium (Durazzo) en kon dan over Edessa en Philippi naar

Byzantion (Constantinopel) reizen, of meer zuidelijk naar Athene. Van Byzantion leidden wegen naar de Eufraat en door Syrië naar het tegenwoordige Suez. Ook op andere wijze kon men Byzantion bereiken, nl. van Rome naar het noorden door Illyrië, Pannonië en Thracië. Ging men naar Spanje dan volgde men de route over Genua en Massilia (Marseille). Naar Gallië, Germanië en Britannië leidde een weg over Milaan en de Alpen. De Alpen zijn natuurlijk voor de Romeinen een grote sta-in-de-weg geweest, maar ze hebben er zich toch niet door laten terugschrikken. Verscheidene passen trokken ze over; een gewone weg van de Povlakte naar de Provence en dan verder naar Spanje liep over de Cottische Alpen, maar ook over de Simplon en de Brenner hebben wegen gelopen. We weten ook nog van andere, in het geheel elf passen. Ook in dit moeilijke bergterrein hielden de Romeinen vast aan hun principe recht-toe-recht-aan, maar natuurlijk moesten ze vaak concessies doen, en zich naar het terrein schikken. Grote overbruggingen van diepten hebben ze hier niet gemaakt, wel kleine. Herhaalde malen zijn Romeinse legers de Alpen overgetrokken na de opzienbarende tocht van Hannibal met zijn olifanten, maar wegen hebben ze eerst kunnen aanleggen, nadat de volken, die de Alpen bewoonden, waren onderworpen. Zulke prachtige heirwegen, als ze gewoon waren, konden ze hier niet tot stand brengen. De Alpenwegen zijn meestal niet breder geweest dan 2—3,5 m, soms nog smaller. Grote karren konden er dus niet over, wel natuurlijk muildieren en pakezels. Daarom vermeden de Romeinen, als het kon, liefst tochten over de Alpen. Maar meermalen hebben zij ze toch volbracht.

Het is geen wonder, dat ook nu nog in verscheidene landen, die tot het Romeinse rijk behoord hebben, de sporen van die oude wegen gevonden worden. Ook in ons land, vooral in het zuiden en westen. Het Rijk strekte zich in Holland uit tot de Rijn, d.w.z. de oude Rijn, die bij Katwijk in zee loopt en langs die Rijn liep de grote heirbaan, die in Keulen begon. Resten van wegen heeft men in Limburg aangetroffen. Het blijkt dat ze gefundeerd waren op enige lagen van zware keien, opgevuld met fijn grind. Vooral moerassige streken gaven moeite, daar fundeerde men de wegen op houten onderliggers, die door palen op hun plaats werden gehouden. Ook door de Betuwe liep een grote weg naar het westen, naar de zee. De wegen langs de Rijn in Duitsland zijn natuurlijk ook oorspronkelijk door de Romeinen aangelegd, al waren ze niet te vergelijken met de tegenwoordige grote autowegen. Maar het tracé is toch van de oud-Romeinse

ingenieurs afkomstig.

Voor die ingenieurs mogen we wel grote bewondering hebben. Zij maakten gebruik van verschillende landmetersinstrumenten en evenals men tegenwoordig doet, markeerden zij de afstanden met palen, mijlpalen. Dit woord hebben we aan hen te danken; het is geheel Latijn, want *paal* komt van *palus* en *mijl* van *milia,* dat betekent *duizenden,* nl. passen. Een Romeinse mijl was duizend pas, maar een pas waren twee stappen, dus 1,5 m. Een mijl is dus 1,5 km. Er zijn ongeveer 4000 mijlpalen uit de oudheid gevonden; vaak leert de plaats van het vinden ons, waar een Romeinse weg gelopen heeft. De mooiste en meest beroemde mijlpaal was het miliarium aureum, de gouden mijlpaal, die in Rome op het forum stond. Bij deze paal begonnen alle wegen, die van Rome uitgingen. Hij was opgericht door keizer Augustus in 20 v. Chr., en gemaakt van verguld brons. Hij kan beschouwd worden als de voorloper van onze wegwijzers, want de namen van de grote steden in Italië waren er op aangebracht met toevoeging van de afstanden, waarop ze van de muren van Rome af gelegen waren. Een gedeelte van deze mijlpaal is teruggevonden.

De mijlpalen waren van steen en in het algemeen rond, dus cylindervormig. Ze waren groter dan onze kilometerpalen, hun gehele lengte liep van 1,80 m tot 3 m. Daarvan stak een gedeelte van 0,50—0,80 m in de grond, zodat het zichtbare gedeelte 1,30—2,20 m hoog was. De steensoort, waaruit ze bestonden, hing af van de plaats waar ze moesten staan. Want de praktische wegaanleggers gebruikten de steen van de onmiddellijke omgeving, dat spaarde transportmoeilijkheden uit. Zij hadden steenhouwers onder hun personeel. In Italië zijn ze dus vaak van marmer en travertijn, in het Rijn- en Moezelgebied van kalksteen enz. Bijna alle mijlpalen hebben inscripties, waarin vermeld is welke ambtenaar of later welke keizer de paal heeft doen plaatsen. Het is duidelijk, dat deze inscripties de geschiedenis van de wegenaanleg aardig weergeven. Onder de inscriptie stond het cijfer, dat de afstand aangaf, in Italië zelf gerekend van Rome. Dikwijls staan ter weerszijden daarvan getallen, die de afstand van bepaalde belangrijke steden aangeven. Meestal staat na iedere mijl een paal, vooral op de belangrijke wegen. Op de wegen over de Alpen was dat niet het geval, maar steeds stond er een paal op punten, die voor het verkeer belangrijk waren. De kosten van de mijlpalen droeg de staat. Er werden speciale ambtenaren aangewezen, die voor het onderhoud der wegen moesten zorgen; later behoorde dit tot de

taak van de keizer. Want goede wegen waren voor het Romeinse rijk, vooral uit militaire overwegingen van groot belang. De afgelegen provincies konden alleen door de Romeinse legioenen in bedwang gehouden worden en die moesten langs al die wegen trekken. We moeten echter niet menen, dat we daar alleen soldaten zouden tegenkomen. Ook de talrijke ambtenaren reisden geregeld van Rome naar de verafgelegen gewesten. Sommige wegen waren bepaald druk; men zag daar ook de zeer vele toeristen trekken en handelslieden, studenten en wijsgeren, die elders studeerden of les gaven, troepen toneelspelers, zendelingen van alle mogelijke godsdiensten enz. enz. Het intercommunaal en internationaal verkeer was vooral in de keizertijd zeer druk. Hoe ook de apostel Paulus langs de via Appia gemarcheerd heeft, weten we uit Hand. 28. Tegen enige honderden kilometers lopen zag men in die tijd niet op, al maakten degenen, die dat doen konden, liever gebruik van rijtuigen, die soms zeer goed ingericht waren en waarin men zelfs slapen kon.

Wellicht heeft de lezer zich afgevraagd of men in die tijden ook al *kaarten* en *reiswijzers* had. Inderdaad had men die en er is nog een en ander van over. We kunnen dat niet alles vermelden, maar wijzen toch op een reisgids, of zoals de Romeinen het noemden Itinerarium, die waarschijnlijk stamt uit de tijd van keizer Diocletianus (± 300), waarin, geordend naar de provincies, een opgave gedaan wordt van alle wegen en stations van het gehele Rijk. De onderlinge afstanden van de plaatsen worden er bij opgegeven. Van andere aard, maar met veel meer inhoud, is een soort Baedeker voor Griekenland, die ± 175 n. Chr. geschreven werd door Pausanias in 10 boeken. De minnaar der oudheid, die Grieks kent, zal ook nu nog naar Griekenland zijn Pausanias meenemen en er dikwijls profijt van hebben. De enige wereldkaart uit de Oudheid, die bewaard is, de z.g. tabula Peutingeriana, bevindt zich in de Staatsbibliotheek te Wenen. Zij heet zo naar Konrad Peutinger (1465—1547), die haar in bezit had. Dit exemplaar is in de 13e eeuw nagetekend, maar ze gaat terug op een kaart uit de eerste eeuwen na Chr. Een autorijder uit onze tijd zou er niet veel aan hebben. Want weliswaar is er de gehele wereld van de Indische oceaan af tot onze streken toe op getekend, maar de kaart is als het ware ineengedrukt en gerekt; immers ze is 34 cm hoog en 6,82 m lang. Helaas is het laatste stuk, waarop Spanje en Engeland voorkwamen, verloren. Nauwkeurig zijn alle wegen aangegeven, en alle stations met de onderlinge af-

standen. Het is duidelijk, hoe belangrijk deze kaart is voor de kennis van de geografie van het Romeinse rijk.

Maar laten we tot de eigenlijke techniek terugkeren. En dan zijn nu de *bruggen* aan de beurt. Want zonder die zouden de wegen hun betekenis voor een belangrijk deel verliezen. Hun geschiedenis gaat vele duizenden jaren teurg. De oudste vaste brug is te Nineve gebouwd door Sanherib (705—681 v. Chr.) en in de 6e eeuw v. Chr. hebben Nabupolasser en Nebukadnezar een beroemde brug over de Eufraat gebouwd. Maar nog oudere, zij het veel kleinere bruggen vindt men in Griekenland; sommige dateren uit een tijd, die nog lang vóór 1000 jaar v. Chr. lag, zelfs is er een dicht bij de weg van Nauplia naar Epidauros nu nog in gebruik.

Toch moet men de belangrijke bruggen uit de oudheid niet in Griekenland zoeken. Voor de antieke wereld maakte de aard der rivieren ze niet nodig. Men kan die oversteken met een veerboot, maar gedurende een groot deel van het jaar nog veel gemakkelijker te voet, omdat de rivieren dan droog liggen. Het is nu nog zo. Men kan sommige rivierbeddingen per auto oversteken, andere per muilezel. Maar natuurlijk zijn er nu ook wel grotere bruggen, zeker spoorbruggen. Anders staat het in Italië. Dat is rijk aan stromen, die het gehele jaar door – zij het dat ze des zomers zeer laag kunnen staan – bruggen nodig maken. Bovendien hielden de Romeinen, zoals reeds eerder werd gezegd, niet van omwegen en niet van klimmen en dalen. Liever bouwden ze over een dal een brug; verscheidene van die bruggen zijn er nog, b.v. de Ponte di Nona bij de negende mijlpaal op de weg van Rome naar Praeneste (Palestrina). Deze brug telt zeven bogen, is 72 m lang en 16 m hoog, de weg die er over loopt, was 6,35 m breed; ze werd gebouwd in Romeinse keizertijd. Dezelfde weg voert over nog andere bruggen uit de oudheid. Zeer mooi is de Ponte Amato. Hij is 10 m hoog, gebouwd van steenblokken van ± 60 cm. De rijbaan is 5,65 m breed en de trottoirs 60 cm.

De oudste bruggen waren van hout en de meest beroemde was de Pons Sublicius (d.i. de „paalbrug") over de Tiber te Rome. Over deze rivier lagen en liggen verscheidene bruggen, maar de paalbrug was de oudste. Het was voor de Romeinen een godsdienstige plicht de brug, telkens wanneer hij door hoog water beschadigd was, te vernieuwen. In de tweede eeuw na Chr. is dat nog gebeurd, maar later niet meer, zodat men thans zelfs niet meer weet, waar hij eigenlijk gestaan heeft.

Later werden natuurlijk alleen stenen bruggen gebouwd en

wel in verschillende vormen. Maar bij brede te overspannen ruimten bouwde men boogbruggen; het aantal bogen hing natuurlijk van de breedte der rivier af en dat bepaalde ook het aantal pijlers. De pijlers hadden aan de onderzijde een spitse vorm om de stroom te breken. Bovendien vormden deze spitse uitbouwen van de pijler, doordat ze het grondvlak verbreedden een steviger basis voor de gehele pijler. De bogen werden opgebouwd op een van hout gemaakte tijdelijke boog; van vele bruggen kan men nu nog de randen in de pijlers zien, waar deze houten boog op gerust had, al werden er soms consoles voor gebouwd. De bogen waren met steen bekleed en met cement opgevuld, dat zich tot beton verhardde. Er zijn zelfs bogen geweest van 35 m spanwijdte.

Het zwakke punt in de antieke bruggenbouw waren de pijlers en soms de bruggehoofden. Zij waren wel goed en stevig gebouwd, maar hun fundering was niet diep genoeg. Men maakte bij de bouw wel gebruik van kistdammen, maar men kon niet voldoende pompen. Kon men de stroom niet behoorlijk afleiden, dan vergenoegde men zich met een fundering van gestorte steen. En om het geheel dan toch de nodige stevigte te geven, maakte men het fundament en ook de pijler bijzonder breed. Maar dit had weer tengevolge, dat de doorgang voor de stroom smaller werd. Soms heeft men dan ook, om het water toch nog wat meer baan te geven in de pijlers en de brughoofden boogvormige openingen aangebracht. Vooral wanneer het water hoog stond deden deze een nuttig werk. Men vermeed liefst de constructie van pijlers in het midden van de rivier en bouwde daar dan bogen van grote spanwijdte.

Van de bruggen, die te Rome over de Tiber leidden, is thans nog de meest beroemde de Ponte S. Angelo. In de oudheid heette hij de Aelische brug, naar een der namen van keizer Hadrianus, die hem in 134 n. Chr. liet bouwen als toegang naar zijn door hem opgericht mausoleum. De drie middelste bogen van de brug zijn nog antiek, de andere zijn in het laatst der vorige eeuw gerestaureerd. Paus Clemens VII deed in 1530 bij het begin van de brug de beelden van Petrus en Paulus plaatsen; verder werden er 10 beelden van engelen op de brug gezet, van daar de tegenwoordige naam. Ook in de oudheid versierde men de beginpunten der bruggen wel met beeldhouwwerk, zoals wij het thans ook weer doen.

Van een andere brug, de Pons Aemilius, staat nog slechts één pijler. Maar het was dan ook de oudste stenen brug in Rome, begonnen in 179 v. Chr., maar afgebouwd pas in 142 v. Chr.

Herhaaldelijk werd de brug door hoog water geteisterd en in 1889 is hij afgebroken. Hij heet thans dan ook de Ponte Rotto, de gebroken brug, omdat men één antieke pijler heeft laten staan.

Een zeer vermaarde brug is de Pons Milvius of Mulvius, tegenwoordig Ponte Molle geheten. In het jaar 220 v. Chr. legde de censor Gaius Flaminius een weg aan van Rome naar het Noorden, naar Ariminum, het tegenwoordige Rimini. Van deze weg, die ook nu nog via Flaminia heet, zijn nog belangrijke antieke gedeelten over. Een van de belangrijkste straten van Rome, tegenwoordig de Corso Umberto I, vormt het begin van de via Flaminia. Zij begint bij het Capitool en loopt tot de Porta del Popolo, in de oudheid de porta Flaminia geheten. Dat deze weg, in tegenstelling tot de andere straten van Rome, breed was, blijkt uit de naam die dit gedeelte droeg, het werd de *via lata*, de brede weg, genoemd. Wanneer men van het Capitool door deze brede weg naar het noorden gaat, bereikt men bij de derde mijlpaal, dat is dus na 4,5 km de Tiber. En daar werd bij de aanleg van de via Flaminia, waarschijnlijk door een Mulvius de Mulvische brug gebouwd in 220 v. Chr. Deze eerste brug is ongetwijfeld van hout geweest, maar hij schijnt het toch nogal goed uitgehouden te hebben, want eerst in 109 v. Chr. werd hij, en nu in steen, door de censor Marcus Aemilius Scaurus vernieuwd. En die nieuwe brug was blijkbaar zeer degelijk gebouwd, want toen ongeveer honderd jaar later keizer Augustus de via Flaminia en haar bruggen restaureerde, had de Mulvische brug geen enkele reparatie nodig. De brug heeft vier grote bogen met ieder een spanning van 18 m en twee kleinere. Vier van die bogen zijn nog antiek; ze zijn gebouwd van tufsteen, o.a. van het veel gebruikte travertijn (van lapis Tiburtinus, steen van Tibur, het tegenwoordige Tivoli bij Rome). Onder aan de pijlers zijn de puntige stroombrekers aangebracht, waarover we reeds spraken. Ter ere van keizer Augustus stond er vroeger op de brug een boog. Toen de brug in 1815 door Pius VII werd gerestaureerd, liet hij de uit de 15e eeuw daterende poorttoren bij het begin van de brug verbouwen en zo staat die er nu nog. De Mulvische brug heeft niet alleen in de oudheid, maar ook daarna vele belangrijke mensen over zich laten passeren. Op 27 oktober 312 trok Constantijn de Grote er triumferend over, nadat hij zijn tegenstander Maxentius verslagen had, op 24 november 800 passeerde Karel de Grote hem, toen hij naar Rome trok om gekroond te worden. Eeuwen lang zijn alle pelgrims, die zich naar Rome begaven over de brug

gegaan; laten we hierbij ook aan Luther denken. Reeds in de oudheid trokken de postwagens er over en dat is zo gebleven tot de tijd, waarin de spoorwagens de taak van alle vervoer overnamen. De via Flaminia en dus ook deze brug, werd als verbinding met de noordelijke streken, eeuwenlang zeer druk bereden en belopen.

Verscheidene andere, door de Romeinen gebouwde bruggen zijn nog in gebruik. We denken aan de van graniet gebouwde en van triumfbogen voorziene brug over de Taag bij Alcantara in Spanje. Deze dateert uit de tijd van keizer Trajanus (98—117). Ook de grote brug over de Donau bij de IJzeren Poort is onder dezelfde keizer gebouwd. Zij rustte op 20 stenen pijlers, die 57 m van elkaar verwijderd waren. De brug was 50 m hoog en 20 m breed. De brug over de Moezel bij Trier bestaat nog. Zij is gebouwd ± 300 n. Chr. en rust op pijlers, die 20 m van elkaar staan. En zo zouden nog een aantal kleinere bruggen genoemd kunnen worden, die tot op de huidige dag getuigen van de vakbekwaamheid der Romeinse ingenieurs.

IV

STEDENAANLEG, WOONHUIZEN EN ANDERE BOUWWERKEN

We leven tegenwoordig in de tijd van de stadsuitbreidingen. Zowel de kleine als de grote steden groeien jaarlijks aan. Tijdig moet een uitbreidingsplan gemaakt worden om de groei in goede banen te leiden. Honderd jaar geleden kende men dat niet. Men bouwde maar raak en in menige stad zijn daarvan de sporen te zien. Maar wie zou menen, dat die uitbreiding volgens plan een uitvinding van de moderne tijd is, zou zich vergissen. Want de oudheid kende haar ook, zoals we straks zullen zien. Ze is alleen enige duizenden jaren in de doofpot gegaan, waarin zoveel nuttige dingen, die de antieke wereld kende, gelegen hebben. Wanneer we de plattegrond bekijken van vele Amerikaanse steden, b.v. van New York, dan verbazen we ons er over, dat die plattegrond als het ware met de liniaal en de rechthoek getekend zijn; hij ziet er ongezellig meetkundig uit. En we denken, dat dit iets zeer moderns is. Ten onrechte, deze methode van stedenbouw is reeds in de 5e eeuw v. Chr. door een zeer bekwaam ingenieur meermalen toegepast, al kunnen we wel aannemen, dat de Amerikaanse stedenaanleggers niet door hem geïnspireerd zijn.

Wanneer we iets gaan zeggen over de antieke *stedenaanleg*, staan we voor de moeilijkheid, dat we een onafzienbaar terrein betreden. Want er is veel overgeleverd in geschriften en veel ook kunnen we nog zien aan de sinds de oudheid bestaande steden. We moeten ons dus zeer beperken en pogen de lezer een algemene en niet al te saaie indruk te geven van dit technische onderwerp. De Grieks-Romeinse wereld is zo groot geweest en haar geschiedenis bestaat zoveel eeuwen. Er is natuurlijk onderscheid geweest tussen de Griekse en de Italische steden, maar ook tussen de oude en de later opzettelijk aangelegde, ook tussen die in het zuiden en die in de noordelijke streken van Europa. Maar we zullen geen aardrijkskundige en historische systematiek gebruiken, maar alleen maar vertellen, zoals het in de pen komt.

Oude steden zijn overal langzaam gegroeid. Het begon met een gehucht of een dorp, dat zich uitbreidde; er kwamen huizen en straten bij en zo ontstond een stadje, vaak met onregelmatige, nauwe straten. Als er uit overwegingen van veiligheid een

muur om gebouwd werd, moest iedere vierkante meter binnen die muur nuttig gebruikt worden. We kunnen deze gang van zaken nog duidelijk zien aan verscheidene oude steden in ons land, en in de oudheid ging het al evenzo. Sommige steden ontwikkelden zich tot wereldsteden en dan moest de ommuring worden uitgebreid en bovendien in de hoogte gezocht worden wat men in de breedte niet vond. We zullen dat verschijnsel nader bezien als we over Rome handelen.

Een geheel ander geval is het, wanneer geheel nieuwe steden moeten worden gebouwd en dat vond in de oude wereld dikwijls plaats. De Grieken en de Romeinen hebben overal koloniën gesticht, dat zijn steden, waarheen een aantal burgers uit de moederstad werden gezonden. En dan kon men bij de aanleg systematisch te werk gaan. De grote stedenontwerper der oude Griekse wereld was de architekt en ingenieur Hippodamos, geboren te Milete, aan de Klein-Aziatische kust, in de 5e eeuw v. Chr. Hij was de man van de liniaal en de rechthoek. Zijn vaderstad was in 494 v. Chr. door de Perzen verwoest en bleef geruime tijd geruïneerd liggen. Maar het is niet onwaarschijnlijk dat omstreeks 460 of 450 Hippodamos met zijn nieuwe plan verscheen. Of hij beïnvloed werd door de oude Oosterse stedenaanleg weten we niet, in ieder geval werd het hernieuwde Milete een stad met rechthoekige huizenblokken gelegen aan elkander rechthoekig snijdende straten. Men meent, dat behalve praktische redenen ook gezondheidsoverwegingen hem tot deze aanleg brachten. Want in het dal van de Maiandros, waar Milete lag, heerste malaria, en nu werden de straten zo georiënteerd, dat de frisse zeewind er ruimschoots toegang had. Omstreeks dezelfde tijd leidde Hippodamos de aanleg van Peiraieus, de havenstad van Athene en ook daarbij maakte hij gebruik van zijn systeem. Trouwens ook elders is zijn invloed te bespeuren. In 444 v. Chr. stichtten de Atheners de kolonie Thurii in Zuid-Italië en ook daar kreeg Hippodamos de leiding van de stadsaanleg. Verscheidene andere steden in Klein-Azië, vooral Priëne, dat evenals Milete weer opgegraven is, zijn naar het Hippodamische systeem gebouwd. Evenals thans nog wel gebeurt, werden op het plan bepaalde terreinen aangewezen voor de bouw van marktpleinen, tempels, raadhuizen e.d. Men maakte bij die aanwijzing gebruik van het feit, dat de bouwblokken als het ware een eenheidsmaat van lengte en breedte hadden. Op het plan liet men eenvoudig enige blokken weg en had dan de ruimte voor officiële bebouwing. Het geheel kreeg dus een regelmatig, maar toch wel wat saai uiterlijk. Men hield

zo goed mogelijk aan het systeem vast, ook al moesten vanwege het geaccidenteerde terrein alle dwarsstraten, zoals in Priëne, dat tegen een berghelling gebouwd was, tot trap-straten gemaakt worden. De straten waren daar ± 3,5 m breed, in Milete 4—4,5 m. Priëne, dat aangelegd was volgens de plannen van de architect Pytheos, was in de lengte door acht, in de breedte door zestien parallelle straten verdeeld. De stad lag op vier terrassen, die naar de vlakte afdaalden.

Deze aanleg van op terrassen gebouwde steden was technisch natuurlijk vrij moeilijk. Pergamon is daarvan het bekende voorbeeld. De vorst van Pergamon bewoonde oorspronkelijk een paleis, dat met de omringende huizen en terreinen 8—9 ha groot was. Deze kleine stad was op de top van een heuvel gebouwd en toen zij zich uitbreidde tot een gebied van 21 ha werd ze door een stadsmuur omringd. Maar ze groeide, d.w.z. daalde naar beneden en ging een terrein van 90 ha omvatten. De heuvel was aan enige zijden steil en om woongelegenheid te bieden moesten terrassen gebouwd worden. Het is begrijpelijk, dat de ingenieurs daarmee hun handen vol hadden. Grote steunmuren werden gebouwd en de ruimte daarachter met puin van de rotsen opgevuld totdat men horizontale vlakten kreeg, waarop de huizen gebouwd konden worden. Ook de tempels en de markten kwamen op verschillend niveau te staan. Het gymnasium, de school, waarin de jeugd haar onderwijs ontving, lag zelfs op drie terrassen. De jongste leerlingen hadden hun school op het laagste. Op een 12 m hoger gelegen terras was de school voor de oudere knapen aangelegd en op een weer 12 m hoger niveau was die voor de jongelingen. Later breidde de stad zich nog verder uit aan de voet van de berg en op dat meer vlakke terrein waren de technische moeilijkheden geringer. Natuurlijk kon in een tegen de berg gebouwde stad geen sprake zijn van regelmatige aanleg der straten. Er was een hoofdweg, die kronkelend en zich aan het bergterrein aanpassend naar boven liep, maar ook die straat moest op talrijke plaatsen door steunmuren gedragen worden. Verscheidene andere steden in Klein-Azië schijnen het voorbeeld van Pergamon gevolgd te hebben; zij zijn eveneens terrasvormig aangelegd.

In Italië en in het westelijk deel van het Romeinse rijk lagen en liggen nog veel steden en stadjes, die zich langzamerhand op natuurlijke wijze, maar zonder bepaald plan, gevormd hebben. Het zijn de schilderachtige plaatsen, met hun bochtige, nauwe straten en, waar het terrein dat nodig maakte, met hun soms hoge trapstraten. We kunnen over die alle niet spreken; maar

wel moeten we dat doen over de door de Romeinen aangelegde vele koloniën. Het valt op dat de kernen van die steden een vierkante of soms rechthoekige vorm hebben. De oorzaak daarvan is hierin gelegen, dat de Romeinse koloniën vaak uitgingen van een legerplaats. In het opslaan van legerplaatsen waren de Romeinen meesters. Als ze met hun legers in vijandelijk gebied marcheerden, werd iedere avond een legerplaats gevormd; was het slechts voor één nacht, dan werd die niet altijd zorgvuldig afgewerkt; maar zag het er naar uit, dat het verblijf langer zou duren, dan werd de legerplaats geheel naar de regelen der techniek opgezet. Dan kwamen eerst de landmeters in actie.

De *landmeetkunde* was bij de Romeinen zeer ontwikkeld. Men had civiele landmeters en staatslandmeters. De civielen bepaalden de grenzen van akkers, van bouwterreinen en al wat er op dit gebied meer voorkomt. Om staatslandmeter te worden, moest men een examen afleggen. Men werd dan civiel landmeter in dienst van de staat of legerlandmeter. De eerste groep deed dienst voor de meting der staatslanderijen en voor de uitzetting van het grondplan van rijksgebouwen e.d. De legerlandmeters trokken met de troepen mee en hun taak was vooral het uitzoeken van geschikte terreinen voor legerplaatsen en het afbakenen daarvan. Zij maakten daarbij gebruik van een instrument, dat *groma* heette. Hoe dat er uitzag, weten we van een afbeelding, die op de grafsteen van een landmeter is aangetroffen. Maar bovendien is er nog een originele groma gevonden. We zullen het instrument niet geheel beschrijven; het komt er op neer dat de landmeter met behulp van vier aan de uiteinden van een gelijkarmig rechthoekig kruis neerhangende draden op het terrein een rechte lijn kon uitzetten en een andere loodrecht daarop. Naar deze lijnen werden de beide hoofdwegen in de legerplaats gelegd en wanneer dan verscheidene andere aan deze hoofdwegen parallellopende wegen waren uitgezet, ontstond een groot aantal rechthoekige blokken, waarin de soldaten naar een vast systeem hun tenten konden opslaan.

Ook wanneer gehele streken land in Romeins bezit gekomen waren, werden zij naar dit systeem verkaveld. In het huidige Italië heeft het zijn sporen nog achtergelaten. Men kan daar soms opmerken hoe de wegen lopen langs kavels van 710 bij 710 m. Ook in verschillende steden kunnen we het nog zien. Soms werden die aangelegd bij een vaste legerplaats en dan sloten de straten zich bij het patroon daarvan aan. Maar ook als dat niet het geval was en men geheel nieuwe koloniën stichtte, begon men toch ook eerst beide, elkaar rechthoekig kruisende

lijnen aan te geven en daar de hoofdstraten aan te leggen. De andere straten liepen daaraan dan parallel. Zo komt het dat wanneer men sommige plattegronden ziet, men zou kunnen menen, de plattegrond van een Amerikaanse stad voor zich te hebben. Een sterk voorbeeld is b.v. Turijn, dat onder keizer Augustus een kolonie werd. Een nadeel van deze stedenaanleg was hierin gelegen, dat wanneer de straten niet gunstig georiënteerd lagen, de helft van de straten soms was blootgesteld aan de felle zon, en wie die zon kent, weet wat dat betekent. Men was dan ook gedwongen in vele straten zuilengangen aan te brengen, waaronder men tegen de gloed van de zon beschermd was. Ook daarvan is het tegenwoordige Turijn nog een duidelijk voorbeeld. Het kent in zijn straten bijna 11 km zuilengalerijen. Maar het had dan ook in de oudheid straten van een toen zeldzame breedte, nl. van 10—12 m. De veel smallere straten van de meeste overige steden beschermden de voorbijgangers natuurlijk reeds vanzelf tegen de zon.

Want de *straten* waren over het algemeen smal. De gemiddelde breedte in Rome bedroeg 4—4,50 m. In Pompeii, dat we door de opgraving zo goed kennen, varieert de breedte van 2,5—8,5 m. De helft van de brede wegen wordt in beslag genomen door de rijweg, terwijl aan weerszijden daarvan trottoirs zijn van 0,50 m hoogte. Dat is dus een hele stap, maar om het de wandelaars gemakkelijk te maken, zijn op bepaalde afstanden op de rijweg stenen gelegd, waarover lopend ze kunnen oversteken. En die stenen zijn zo gelegd, dat de rijtuigen er met hun wielen tussendoor konden rijden. Bij hevige regen konden de wandelaars hun voeten droog houden, want het regenwater stroomde dan over de rijweg tussen de hoge trottoirranden.

Er is geen sprake van dat in de oude tijden de straten der steden geplaveid waren in onze zin van dat woord. Athene had ook in zijn bloeitijd nog straten, die begaanbaar waren gemaakt door vastgestampte kiezel. Ook Rome had zulk een straatdek, totdat in 174 v. Chr. de censoren de straten in de stad met steen lieten plaveien en de wegen buiten de stad met grind. Dat steenplaveisel bestond uit stukken tufsteen van onregelmatige vorm, zo goed mogelijk aan elkander aangepast, waarbij eventuele openingen met kleinere stenen zorgvuldig werden opgevuld, op de wijze, waarop ook thans nog in Italië vele straten vooral in kleinere steden zijn geplaveid. Dat het geen kleinigheid was de gehele stad van goed plaveisel te voorzien, kunnen we beseffen, wanneer we bedenken, dat volgens opmetingen, die in 74 n. Chr. door keizer Vespasianus en zijn

zoon Titus, de latere keizer, in hun kwaliteit van censor werden gedaan, de lengte van de gezamenlijke straten 85 km bedroeg. Brede wegen, althans voor die tijd breed, waren er weinig. Het was een wirwar van smalle straten, verbonden door nog smallere steegjes. Het is typerend, dat een straat minstens 2,90 m breed moest zijn, wilden de aanwonenden het recht hebben een balkon te bouwen. Wanneer we dan verder bedenken, dat de huizen in Rome zeer hoog waren (daarover later), dan is het te begrijpen, dat een brand een ramp was. Toen keizer Nero na de brand van het jaar 64, die het grootste deel van de stad vernielde, een meer rationele opbouw beval, baatte dat toch ook niet. Gedurende de gehele keizertijd is de city van de Eeuwige Stad een warboel van straten gebleven.

Het verkeersprobleem was dan ook zeer ingewikkeld, want overdag was het verkeer enorm. Het rijden met rijtuigen en karren was verboden. Alleen de Vestaalse maagden en bepaalde priesters mochten van een rijtuig gebruik maken. En zo waren er nog enige uitzonderingen, b.v. de karren van afbrekers van oude en opbouwers van nieuwe huizen. Verder waren de straten overvol met voetgangers en draagstoelen. Deze laatste werden voorafgegaan door sterke slaven, die zich met de ellebogen krachtig baan maakten. Verkeersongevallen kwamen dan ook dagelijks voor en niemand verwonderde zich als er langs de weg een dode lag. In de nacht was het stil, maar alle straatverlichting ontbrak. Toch heeft men in de oudheid, b.v. in Alexandrië, de straatverlichting gekend. In Rome was het 's nachts op straat gevaarlijk; dieven dwaalden rond en daarom haalde ieder binnen zijn huis, wat hij kon, zelfs bloempotten. Wanneer dan late fuivers, geëscorteerd door hun fakkels dragende slaven, huiswaarts gingen, ontstonden vaak bloedige vechtpartijen, waartegen de politie niet veel kon doen.

Maar we zijn van de techniek afgedwaald en keren tot haar terug. Want we moeten nog handelen over de *riolering*. Van verscheidene Griekse steden is bekend, dat ze een behoorlijke afvoer hadden. Op Samos was die zelfs zo groot, dat eens iemand van de burcht door de ondergrondse afwatering is gevlucht. In Athene mondde de riolering uit in de beek Eridanos, die daardoor geheel vervuilde. Op het eiland Delos bevonden zich onder alle straten riolen, gemaakt van opstaande stenen, en daarmee ook bedekt. Maar in sommige steden lag de riolering op bepaalde punten open langs de straten. In Italië treffen we het oudste voorbeeld van een stelselmatig uitgevoerde riolering aan in de resten van een oude Etruskische kolonie, het

tegenwoordige Marzabotto, niet ver van Bologna. Deze stad was geheel naar een systematisch plan aangelegd en langs alle straten liep een open goot, die alleen op de kruispunten overdekt was. Zelfs – en dat is, zo vroeg, iets heel bijzonders – waren er leidingen, die uit de huizen op dit rioolstelsel aangesloten waren. Later waren de riolen meestal gesloten en onder de grond, en mondden ze uit in de stadsmuren. In Pompeii liggen ze onder de trottoirs, maar soms lopen ze onder de huizen door.

Zoals de via Appia de koningin der wegen is, zouden we de Cloaca maxima te Rome de koningin der riolen kunnen noemen. Door haar zijn de moerassige streken van Rome bewoonbaar geworden. Zij dateert, zij het niet in haar latere vorm, uit de 6e eeuw v. Chr. Men maakte oorspronkelijk gebruik van een natuurlijke waterloop, die later beschoeid en ten slotte overdekt werd. In 184 v. Chr. werd de Cloaca geheel hersteld ten koste van 2.400.000 gulden. In hoofdzaak was ze gemaakt van tufsteen. In 33 v. Chr. werd ze door Agrippa opnieuw gerepareerd en zo heeft ze gefunctioneerd tot ongeveer de 11e eeuw. Het laatste deel der cloaca is altijd blijven werken, de hogere gedeelten zijn in 1872 en 1889 weer in orde gebracht en in dienst gesteld van de moderne riolering. Nog thans kan men deze riolering, die meer dan 2500 jaren in bedrijf is, door een cirkelvormige boog van vijf meter doorsnede in de nabijheid van de Ponte Rotto in de Tiber zien uitmonden. Terecht waren de Romeinen trots op hun Cloaca maxima; voor ons besef gaan ze wel wat ver door haar een godin toe te kennen, Cloacina geheten, aan wie een heiligdom gewijd was op het forum en wel op de plaats, waar de cloaca het forum binnenkwam. Maar om dat te begrijpen zouden we over de Romeinse godsdienst moeten spreken en dat valt buiten ons bestek. Nu we het over de waterafvoer hebben, denken we ook aan de watertoevoer. Maar die zullen we in een afzonderlijk hoofdstuk behandelen.

Van iedere belangrijke stad kunnen wij bij de boekhandelaar een *plattegrond* kopen. Dat kon men in de oudheid niet, maar wel kende men plattegronden van steden. Men neemt aan dat sinds de 5e of 4e eeuw v. Chr. de technici zonder grote moeite een juiste tekening op een bepaalde schaal konden maken. Meermalen wordt gesproken over kaarten van steden, die door de landmeters zijn vervaardigd. De Romeinen lieten van aangelegde koloniën een kaart in brons graveren, die in geval van kwesties als bewijs kon dienen. Een exemplaar op linnen werd in het archief bewaard. De ons het best bekende stadskaart van

Rome dateert uit even na 200 n. Chr. Zij was aangebracht op marmeren platen, die met ijzeren spijkers tegen de muur waren gehangen. Deze platen hadden een gezamenlijke hoogte van meer dan 13 m en een breedte van 18 m. Helaas is deze grootse kaart niet ongeschonden overgebleven; in stukken en brokken is slechts een vijftiende deel over. Ook van oude natekeningen zijn slechts fragmenten over. Doordat verscheidene afgetekende gebouwen nog – althans in grondslag – bestaan, kan men constateren op welke schaal de kaart getekend was. En dan blijkt, dat de schaal wisselt. Dat strijdt natuurlijk tegen alle regels van het karteren, maar men kan er zeker van zijn, dat de schuld niet ligt bij de oude landmeters, maar bij degene onder wiens leiding dit reuzenwerk tot stand gekomen is. Men moet wel goede ogen gehad hebben om deze 13 m hoge kaart te bestuderen, vooral als met bedenkt, dat ook op die hoogte sommige letters niet groter waren dan 3 cm. De grootste letters zijn 8,5 cm. De resten van de kaart zijn nu aangebracht op een muur in het Capitolijns museum te Rome.

Natuurlijk zijn er in de ganse oudheid huizen gebouwd, van de hutten der landbewoners af tot de huurkazernes in de grote steden toe, van de eenvoudige behuizing van de boeren tot de paleizen der keizers. We kunnen er niet aan denken van dat alles maar zelfs een overzicht te geven, maar kiezen een en ander uit, dat ons interessant lijkt.

Eerst de vraag: wie bouwde de *huizen?* Ten platten lande natuurlijk, evenals in sommige zuidelijke streken ook nu nog, de boer zelf. Maar in de steden zal men er wel een deskundige voor nodig gehad hebben, niet alleen voor de bouw van tempels, markthallen, basilieken, theaters enz. maar ook voor de grotere particuliere huizen en de huurkazernes. Slechts één handboek voor de architectuur hebben we over, nl. dat van de bouwmeester en ingenieur Vitruvius Pollio, geschreven ± 25 v. Chr. Daaruit blijkt, dat als er in zijn tijd in Rome een technische hogeschool zou geweest zijn, Vitruvius daaraan zeker als hoogleraar de bouwkunst zou hebben gedoceerd. Hij was een man van brede opvatting en eiste daarom van de architect een grote algemene ontwikkeling. Deze moest, zo oordeelde hij, eerst de scholen van de grammatica en de retoren hebben bezocht, d.i.. het toenmalige middelbaar en hoger onderwijs, hij moest kunnen tekenen, schilderen en modelleren, de landmeetkunde en de wiskunde voldoende beheersen, de optiek en de akoestiek kennen evenals de leer van de belichting. Vooral moest hij ook na-

tuurkunde studeren, die immers voor de architect de basis vormde voor zijn kennis van de mechanica en de op de fysica steunende techniek. En zo eiste hij nog veel meer; we zien, dat deze man moderne opvattingen had. Hij zegt zelf, dat een architect, die geen wetenschappelijke achtergrond had en alleen in de praktijk gevormd was, in betekenis achterstond bij de bestudeerde. Omgekeerd moest ook deze zich de praktijk grondig eigen maken. Als een soort grondwet voor de architect stelde Vitruvius, dat ieder bouwwerk moest zijn stevig en dus duurzaam, verder doelmatig en eindelijk mooi. Dit alles werkt hij nader uit. Dat Vitruvius voor dit alles andere auteurs raadpleegde, zegt hij zelf. Verschillende Griekse architecten hadden ook reeds handboeken geschreven, die we helaas niet over hebben. Maar ook uit de overgebleven bouwwerken blijkt, welk een groot aantal bekwame bouwmeesters de oudheid gehad heeft.

Het is jammer, dat de tekeningen, die Vitruvius aan zijn werk had toegevoegd, door de latere afschrijvers blijkbaar niet zijn overgenomen. Ook in de oudheid begon het werk van de architect met het ontwerp en met de nodige daarbij behorende tekeningen. Daarbij moest hij, evenals thans, allerlei officiële bepalingen in acht nemen, vooral die van de bouwpolitie. Bij het ontwerp behoorde ook een beschrijving, bestemd voor de opdrachtgever, maar ook voor de uitvoerder. Van ornamenten moesten modellen gemaakt worden. Staatsgebouwen werden vaak door slaven van de staat uitgevoerd, andere werden aanbesteed. Iedere Griekse stad had haar bouwcommissie, die op alles toezag; in Rome behoorde dit tot de taak der censoren.

Het materiaal, waarvan men bouwde, was van verschillende aard. Voor grote gebouwen, tempels e.d. gebruikte men blokken steen, die rechthoekig gehouwen waren, soms goedkope steen, maar veel ook marmer, waaraan noch de Grieken noch de Romeinen gebrek hadden. Het was zeer duurzaam materiaal; dat niet nog meer bouwwerken de eeuwen overleefd hebben, is alleen daaraan toe te schrijven, dat in de middeleeuwen vele, enigszins ruïneus geworden gebouwen, gesloopt werden om hun materiaal te kunnen gebruiken voor de bouw van kerken enz. Goedkopere gebouwen richtte men op met muren van het z.g. *opus incertum*, d.i. onregelmatig werk. Men deed dat op dezelfde manier, als waarop men thans betonnen muren tot stand brengt. Er werd een houten bekisting gemaakt, waarin men stenen van onregelmatige vorm en kalkspecie goot. Was deze massa hard geworden, dan verwijderde men de houten om-

hulling. Dat die er inderdaad geweest is, kan men ook thans nog zien, zoals wij ook aan een betonnen muur de naden tussen de planken nog kunnen waarnemen. Voor zover deze muren in de grond verborgen werden, liet men ze zoals ze waren, boven de grond werden ze met stuc bestreken. Soms werden de stenen tot vierkante blokjes behouwen en dan met de hoeken naar boven en beneden ruitvormig op elkaar gemetseld; men noemde dit *opus reticulatum,* d.i. netwerk. Dit stond natuurlijk fraai, maar toch waren muren van deze metseling niet zo stevig als de eerste. Voor de onderbouw en ook voor waterleidingbuizen en rioleringen gebruikte men een soort beton, dat ook in houten beschot gegoten werd. Het bestond uit een aardsoort, die bij Puteoli in de buurt van Napels gevonden werd, vermengd met zand, steentjes en gebluste kalk. En eindelijk kenden de Romeinen ook een uit leem gebakken steen, de tichel. In de oudere tijd werd hij alleen in de zon gedroogd, maar later ging men hem in een oven bakken. Hij heeft een ander formaat dan onze baksteen, is nl. 21 × 21 × 4 cm. Deze oude baksteen heeft de eeuwen verduurd. De thans nog als kerk gebruikte basiliek te Trier is er van gebouwd, ook de koepel van het Pantheon in Rome en nog veel andere gebouwen. De dakpan, die ook door de Grieken gebruikt werd, heette bij de Romeinen *tegula,* vanwaar ons woord tegel. Zij werd ook gebruikt voor vloer- en wandbedekking, zij het dat ze daarvoor een enigszins andere vorm had. Natuurlijk zouden er nog andere materialen genoemd kunnen worden, maar hierbij laten we het.

Over de wijze, waarop de antieke woningen ingericht waren, zullen we niet veel zeggen. Het typische van wat wij ééngezinswoningen noemen is wel, dat ze er van buiten niet gezellig uitzagen. De Grieken zowel als de Romeinen leefden hoofdzakelijk op straat. Maar als ze dan in hun eigen huis waren, sloten ze de straat ook buiten. Dat wil dus zeggen, dat hun huizen naar de straatkant nagenoeg geen vensters hadden. Het leven was naar binnen gericht. De Grieken hadden hun woning om een hof heen, die omgeven werd door een zuilengalerij. De Romeinen namen dat later van hen over. Hoe fraai zo'n hof kon zijn, kan men nu nog in Pompeii zien. Het enige dat aan de straten een zekere levendigheid kon geven, waren de winkeltjes, die zich vaak bevonden in de buitenmuur van grote huizen, door de bewoners daarvan verhuurd werden, maar geen contact hadden met het huis zelf. Boven die winkeltjes echter zag men in de gevel van het huis slechts een paar kleine vensterluiken. Deze

antieke, naar binnen gerichte woning leeft nog voort in het zuiden, waar men vaak, door de deur naar binnen ziend, een mooie binnenhof met fonteintjes en beeldhouwwerk kan opmerken. Behalve de grotere ontvangkamer, het atrium, waren de vertrekken voor ons begrip klein. Men had er ook eigenlijk alleen maar te eten en te slapen.

De afgeslotenheid van het huis werd verzekerd door stevige deuren en goed slotwerk. De deuren draaiden niet als bij ons aan hengsels, maar meer op de manier, waarop thans bij grote gebouwen de vierdelige draaideuren werken. Aan de deur was nl. een boven en beneden uitstekende pin aangebracht, die in de boven- en benedendorpel in een daartoe aangebrachte en met een bronzen pot (of wil men het schoen noemen) voorziene uitholling draaide. Reeds bij Homeros wordt gesproken van sleutels, die men door een gat in de deur kon steken en waarmee men de grendel kon open of toeschuiven. Dit was dus nog zeer primitief, maar in de loop der eeuwen hebben de slotenmakers de sloten zozeer verbeterd, dat ze zelfs het systeem hebben uitgevonden, waarmee onze Lips- en Yalesloten werken. Door de deuren konden de dieven niet binnenkomen. Door minder solide gebouwde muren wel; ze doorbraken die als ze konden en dat konden ze bij de eenvoudige van leem opgetrokken wanden. De betonnen muren der Romeinse huizen waren niet zo gemakkelijk toegankelijk.

Voordat we spreken over huizen met meer verdiepingen, moeten we enige woorden wijden aan de verwarmingstechniek. Natuurlijk was (en is) verwarming vooral in de zuidelijke delen van Griekenland en Italië niet zo vaak nodig als bij ons. Maar toch kan het ook daar koud zijn. De huizen in de oudheid hebben geen schoorstenen gehad. Daaruit blijkt, dat de verwarming primitief was. Men gebruikte kolenbekkens, die in het vertrek geplaatst werden. De rook en de smook moesten dan maar zien, dat ze hun weg vonden. Daarbij moeten we bedenken, dat er nagenoeg geen glasvensters waren, maar dat de vensteropeningen of geheel open, of door linnen of lederen lappen of bij duister met luiken waren afgesloten. Ook bij de in Pompeii gaaf teruggevonden keukens hadden de stenen of lemen fornuizen geen afvoerkanaal voor de rook. Het is duidelijk welk een uitkomst voor dit euvel aan de huizen der vermogende mensen en vooral ook aan de badgelegenheden, waarover we later spreken, gebracht werd door de uitvinding van de *centrale verwarming*. Deze wordt toegeschreven aan Sergius Orata ± 80 v. Chr.

Orata was tot die uitvinding waarschijnlijk gekomen door de inrichting van de zweetbaden bij Napels. Die waren namelijk gebouwd op plaatsen, waar de bodem een natuurlijke warmte had, doordat hij van vulkanische aard was. En zo kwam de ondernemende man door nadenken tot het bouwen van zg. hypokausten (letterlijk: de van-onder-verwarming) de bodemverwarming van de kamers. Hij kocht oude huizen, bracht de verwarming volgens zijn systeem aan en verkocht ze daarna veel duurder. Het systeem bestond uit het volgende. Op de onderste bodem van het huis, die van tichelsteen gemaakt was plaatste hij in rijen ronde of vierkante zuiltjes van tichels met een doorsnede van 10—20 cm en een hoogte van 80 cm. Daarop bracht hij de vloer van de kamer aan van marmer of mozaïek of iets dergelijks. In de ruimte onder de vloer stroomde warme lucht, die geleverd werd door een centrale oven buiten het huis. Van rook had men dus geen last, maar de vloer werd verwarmd en daardoor de kamer. Het systeem werd nog verbeterd, doordat men de warmte door holle tichels in de muren naar boven liet stijgen, zodat ook de bovenvertrekken konden worden verwarmd. In zeer vele gebouwen, vooral in noordelijke streken, ook in de onze, zijn de resten van deze methode van centrale verwarming aangetroffen. Het duurde lang voor het huis verwarmd was, maar daartegenover stond, dat de warmte lang aanhield. De kanalen van de oven naar het huis waren vrij lang, want men moest zorgen dat er wel hete lucht, maar geen vlam doorkwam. Voor de afvoer van de verbrandingsgassen waren kanalen aangebracht in de wanden, die als schoorstenen werkten. In het oosten wordt dit systeem van verwarming voor badgelegenheden nog gebruikt en ook in onze streken kennen we wel de vloerverwarming, al werkt die technisch wel wat meer volkomen.

Over de waterleiding spreken we later. Wat wij tegenwoordig het sanitair noemen, ontbrak in de huizen, althans in het algemeen gesproken. Wie een stuiver betalen kon, maakte gebruik van de publieke toiletten, al waren die anders ingericht dan wat wij daaronder verstaan. Een soms groot aantal mensen kon daar tegelijk gebruik van maken, het leek vaak wel een sociëteit. De inrichting was soms fraai in zoverre, dat tussen de zetels armleuningen waren van beeldhouwwerk. Maar het principe van closetspoeling was aanwezig. De waterleiding werd onder de inrichting doorgeleid en liep onafgebroken naar de riolering toe. Zieken en vele anderen moesten zich thuis behelpen op een wijze, die aan onze grootouders niet zo onbekend

zou zijn voorgekomen.

Alleen de rijken hadden een eigen, ééngezinswoning. Verreweg de meesten moesten zich tevreden stellen met een huurwoning en daar Rome binnen de muren slechts een beperkte ruimte had, ging men in de hoogte bouwen. Het is ongelofelijk welk een mensenpakhuis Rome, met ± 1½ miljoen inwoners in de latere keizertijd was. Er ontstonden huizenblokken, die ware huurkazernes waren. Ze werden hoe langer hoe hoger, zodat keizer Augustus verbieden moest hoger te bouwen dan 70 voet, d.i. 21 meter. Trajanus beperkte dat later tot 60 voet of 18 meter, maar men hield zich daaraan niet. Omstreeks het jaar 200 werd een wolkenkrabber gebouwd, het eigendom van een dame, genaamd Felicula, die door zijn hoogte een wereldvermaardheid kreeg. In die hoge gebouwen kon men huren wat wij tegenwoordig, één-, twee- en driekamerflats zouden noemen. Hoewel reeds vroeg, om de bouw van te hoge huizen tegen te gaan, bepaald was dat de muur niet dikker mocht zijn dan 1½ voet, ging men toch muren bouwen van 3 en 4½ voet dik. En inplaats van het boven genoemde opus incertum ging men de muren van baksteen optrekken. Dit geldt alleen van de buitenmuren, de binnenwanden waren alle van hout. Soms bouwde men te licht en ongelukken, zelfs instortingen van gehele huizen kwamen voor. De blokwoningen waren dicht bewoond, zelfs onder de dakpannen waren nog kamertjes. En liften, hoewel ze wel bekend waren, zoals we later zullen zien, had men in die huurblokken natuurlijk niet. Men klaagde over de hoge trappen. Centrale verwarming, zoals we reeds beschreven, kenden deze huizen natuurlijk niet. Men moest met vuurpannen werken. En daar niet ieder kon gaan eten in een van de vele gaarkeukens, die Rome rijk was, moest men ook zulke pannen gebruiken om zijn potje te koken. Het gevolg was dat er vaak brand ontstond en soms hele wijken afbrandden. Want al was de brandweer wel goed georganiseerd, toch kon ze niet tegen een brand in zulk een huurkazerne op. Soms brandde al een hele verdieping zonder dat de bewoners, die hoger woonden, het gemerkt hadden. Velen kwamen bij zulke branden om, temeer daar de vlammen gemakkelijk over de slechts enige meters brede straten oversloegen naar andere blokken. Het was dus bepaald niet aangenaam wonen in zulk een groot gebouw. De opgravingen in Ostia, de havenstad van Rome, hebben doen zien, dat vaak, evenals bij ons, flatgebouwen om een grote tuin heen waren gebouwd. En de reconstructies, die de archeologen hebben kunnen maken, doen zien,

dat de achterkant, dus de naar de tuin gerichte zijde van die gebouwen, fraai van architectuur kon zijn. Menige moderne architect zou er zich niet voor behoeven te schamen. Maar dat is dan alleen de buitenzijde.

Van de technische vaardigheid der antieke bouwmeesters getuigen het meest de talrijke grote gebouwen, tempels, basilica's e.d., die nog over zijn. We denken aan de prachtige tempels op de Akropolis te Athene, te Paestum, te Agrigentum op Sicilië en op vele andere plaatsen. We kunnen in ons bestek op dat alles niet ingaan, maar willen toch niet nalaten enige bouwwerken een weinig nader te bezien, waarbij we minder letten op hun uiterlijke schoonheid dan op hun technische constructie. In de eerste plaats enige gebouwen in Rome, die verscheidene lezers ongetwijfeld uit eigen aanschouwing kennen.

Een van de grootste bouwwerken, dat ook thans nog als een wereldwonder kan beschouwd worden, is het Colosseum, welke naam het eerst in de middeleeuwen kreeg. Eigenlijk heet het *Amphitheatrum Flavium*, naar de keizers Vespasianus en Titus, die tot de familie der Flavii behoorden en die het hebben laten bouwen. In 80 n. Chr. werd het ingewijd met spelen, die 100 dagen in beslag namen. Het is een elliptisch gebouw, de grote as meet ongeveer 188 m, de kleine 156 m. De arena is 86 m lang en 54 m breed. De hoogte van het gebouw is 48,50 m, de omvang 524 m. Uit deze afmetingen blijkt reeds welk een groot gebouw het is. Het heeft vier verdiepingen; in de onderste zijn 80 grote boogvormige ingangen aangebracht, waarvan 76 een nummer dragen. De 50.000 bezoekers, die het gebouw bevatten kon, wisten door welke boog ze naar binnen moesten gaan om hun plaats te bereiken. Het verlaten van het amphitheater kon dus ook vlug geschieden. De zitplaatsen rusten op een geweldig systeem van gewelven, waarin trappen en hallen zijn aangebracht. Van de vier niet genummerde ingangen voerde één door een prachtige hal heen naar de trap, die toegang gaf tot de keizerlijke loge. De ruimte voor de toeschouwers was door verschillende rondlopende gangen in rangen afgedeeld. Onderaan, 3,5 m boven de arena was een podium, waar verplaatsbare zetels voor de hoge heren werden geplaatst. De andere hoogoplopende zitplaatsen waren vast. Geheel bovenaan waren de staanplaatsen. In de muur daarboven ziet men nog tegenwoordig kraagstenen met gaten, waarin de masten geplaatst konden worden, waaraan de daarvoor gecommandeerde matrozen grote zeilen konden bevestigen, die althans een deel

van de toeschouwers tegen de felle zonnestralen moesten beschermen.

De arena rustte op een onderbouw van muren, die allerlei onderaardse gangen en vertrekken vormden. De vloer daarvan, van tichels gevormd, bevond zich ongeveer 6 m beneden het niveau van de arena. Daar in het amphitheater ook wel zeegevechten werden opgevoerd en de gehele arena daartoe met water werd gevuld, was de ondergrond in het midden hoger gelegen dan aan de zijden, zodat het water, als het moest worden weggeleid, naar de zijkanten vloeide, waar het in een grote goot terecht kwam, die het naar twee zijden deed wegstromen naar grotere afvoerbuizen, die zich verenigden en het water verder naar de Tiber afvoerden. Het doel, waarvoor de onderaardse ruimten bestemd waren, is nog niet geheel duidelijk. Maar men neemt aan, dat ze verschillende machinerieën bevat hebben, die nodig waren bij de voorstellingen. Er zijn waarschijnlijk ook liften in geweest, die in een ogenblik het decor van de grond uit konden doen veranderen. Het principe van de lift was namelijk bekend. In Herculaneum heeft men een liftinrichting gevonden, die de maaltijd van de keuken naar de eetkamer in een hogere verdieping bracht, en in de ruïnen van een door Nero gebouwd paleis vond men een vertrek, dat de moderne technici aanzien voor de machinekamer van een hydraulische lift. Inderdaad sluit deze kamer aan op een liftkoker, die 36 m hoog is.

Verschillende soorten van materiaal zijn bij de bouw van het Colosseum gebruikt. De fundamenten, die tot 9 m onder het niveau van de arena zijn gelegd, zijn gebouwd van het reeds vermelde opus incertum. De pijlers, de buitenmuren en de zwaarst belaste delen van het bouwwerk, bestaan uit travertijn, verder is veel tufsteen verwerkt. De gedeelten, die met marmer zijn bekleed, zijn opgebouwd van tichelstenen.

Het is jammer dat het Colosseum zo geschonden is, en wel voor $^2/_3$ gedeelte. Van de 80 toegangsbogen staan er nog slechts 33. In 1231 stortte een deel in door een aardbeving, maar sterk heeft het gebouw te lijden gehad, doordat men er later materiaal uit weghaalde voor de bouw van andere werken. Het is maar gelukkig, dat de Paus Benedictus XIV omstreeks 1750 het gebouw wijdde aan de nagedachtenis der martelaren. Daardoor werd verder onheil voorkomen. Latere pausen hebben herstellingswerken doen uitvoeren en tegenwoordig wordt tegen verval gewaakt door het nodige onderhoud. Wanneer men van de bovenste muur af, die thans ook voor bezoekers

toegankelijk is, niet alleen het prachtige vergezicht geniet, maar ook een blik slaat naar beneden en zich verbaast over dit geweldige bouwwerk, dan komt men toch wel onder de indruk van de machtige prestaties der oude technici.

Zeer goed bewaard tot op heden is het *Pantheon* te Rome, een van de mooiste gebouwen ter wereld, althans inwendig. Voor we het beschrijven eerst iets over zijn geschiedenis. Over de betekenis van het woord Pantheon is men het niet altijd eens geweest. Lange tijd meende men dat Pantheon betekende „geheel-goddelijk". Tegenwoordig aanvaardt men echter weer de betekenis „gewijd aan alle goden", ten spijt van degenen, die dit tegen spreken. Volgens de inscriptie op de gevel zou het opgericht zijn door Marcus Agrippa, de schoonzoon van keizer Augustus, tijdens zijn derde consulaat, d.i. 27 v. Chr. Ongetwijfeld heeft Agrippa in aansluiting aan zijn thermen, dat is een badhuis, op deze plaats zulk een gebouw laten zetten, maar het tegenwoordige Pantheon is dat niet. Reeds in 22 v. Chr. leed Agrippa's gebouw door blikseminslag, maar in 80 n. Chr. werd het geheel door brand verwoest. Onder keizer Domitianus (81—96 n. Chr.) werd het herbouwd, maar opnieuw werd het in 110 door de bliksem vernield. Keizer Hadrianus (117—138) liet het opbouwen en onder Antoninus Pius (138—161) kwam het klaar. In 202 werd het door Septimius Severus (193—211) hersteld en zo staat het er nu nog, maar niet geheel meer in de oude pracht. Want de Paus Bonifacius IV veranderde het in 609 in een aan Maria en de martelaren gewijde kerk. Dat had een voor- en een nadeel. Het voordeel was, dat het gebouw voortaan goed onderhouden werd, het nadeel dat het gezuiverd werd „van de vuiligheden van de afgodendienst", zoals het bericht zegt, d.w.z. dat alle fraaie beelden er uit verwijderd werden. De bronzen dakbedekking werd in 633 door de Byzantijnse keizer Constantius II geroofd en in 1626 liet Paus Urbanus VIII de oude bronzen bekapping van de voorhal weghalen en daarvan de zuilen van het hoofdaltaar van St. Pieter gieten en ... een aantal kanonnen.

Niettegenstaande al deze ellenden staat het gebouw er nog als een voorbeeld van de kunde der oude ingenieurs. De voorhal, die 39 m breed en 14 m diep is, rust op 16 monolitische, dat wil dus zeggen uit één steen gehouwen, granieten zuilen, die een hoogte hebben van 11,6 m, met de kapitelen 12,70 m en aan de onderzijde een doorsnede van 1,5 m. De voorhal was met prachtig beeldhouwwerk versierd en in twee nissen stonden grote standbeelden. Treedt men binnen in de tempel, dan ziet

Achterzijde van een huurkazerne te Ostia (1e eeuw) (bladz. 61)

Vrachtschip naar een te Sidon gevonden relief op een sarkofaag (bladz. 82)

men, dat hij geheel rond is. Hij heeft een doorsnede van 42 m binnenwerks en 56 m buitenwerks, dat wil dus zeggen, dat de muur in zijn grootste dikte ongeveer 6,5 m dik is. Maar dat is niet overal het geval, want er zijn zeven nissen; de plaats van de achtste wordt door het portaal ingenomen. In iedere nis staan twee pilaren, die de nis in drieën verdelen. De hoogte van de rotonde is gelijk aan de doorsnee, dus 42 m. Maar het gebouw bestaat uit een cilinder en een daarop geplaatste halfbol. En de straal van de cilinder is gelijk aan die van de halfbol, dus 21 m. De hoogte van de cilinder is ook 21 m. Een eenvoudige stereometrische berekening leert dus, dat de inhoud van de halfbol gelijk is aan $^2/_3$ van die van de cilinder. Aan deze verhouding schrijft men toe de zeldzaam harmonische indruk, die het gebouw maakt. Maar technisch is het een wonder, dat men in staat was een koepel te bouwen met een middellijn van 42 m, temeer nog daar deze koepel in zijn top een opening heeft van 9 m middellijn, die door een bronzen ring omgeven wordt. Dit grote ronde venster is het enige, waardoor het licht binnen kan komen; de verlichting is dan ook buitengewoon rustig en mooi. De opening is niet afgesloten, zodat de regen op de prachtige marmervloer kan kletteren. De geweldige druk van de uit travertijn gebouwde koepel moet door de muur van de cilinder worden opgevangen, daarom is deze zo dik. Geen enkele aardbeving van de talrijke schokken, die de bodem in al die eeuwen hebben doen bewegen, heeft het Pantheon geschaad. Het staat in al zijn pracht nog steeds als een voorbeeld van wat de oude technici vermochten.

Van vele technische prestaties, die Rome ons ook nog thans laat zien, zouden we kunnen spreken. Denk b.v. eens aan de Circus Maximus, de grote renbaan, die 200.000 toeschouwers kon bevatten, of, op een ander gebied, aan het bronzen standbeeld, dat Nero voor zijn „gouden huis" deed oprichten en dat niet minder dan 40 m hoog was, de hoogte dus van een modern flatgebouw van ongeveer tien verdiepingen. Of dit beeld mooi geweest is, weten we niet, want natuurlijk is het verdwenen. Maar het is er geweest en hoe heeft men het kunnen maken en oprichten? We zouden kunnen handelen over de prachtige paleizen van de keizers op de Palatijnse heuvel, wier ruïnes thans nog diepe indruk maken. En we zouden kunnen vragen, hoe men in staat geweest is in een van die paleizen, nl. dat van Domitianus, een audiëntiezaal te bouwen, waarvan het tongewelf een spanning heeft van 32 m, een overspanning, die men in de machtige St. Pieter niet aantreft. En zo is er nog

veel meer, maar we wenden ons nu tot iets geheel anders.

En wel tot het oosten, het Griekse gebied der oude wereld. Maar we gaan niet de vele bouwwerken, die daar nagenoeg in hun geheel over zijn of wier resten door de archeologen zijn opgegraven, bewonderen; we wenden ons slechts tot één tempel, omdat de geschiedenis van zijn bouw uit de aantekeningen van de bouwleiders over is. Deze tempel, die vooral sedert 1906 geheel blootgelegd is, staat te Didyma (thans Jeronda geheten) aan de kust van klein Azië. Hij was gewijd aan Apollo en gebouwd door de bewoners van Milete. Een heilige weg van 23 km liep van Milete naar het heiligdom. Langs deze weg trokken de processies, hij was 4,80 m breed en de laatste kilometer van de weg was tot een waardige toegangsweg tot de tempel gemaakt, doordat men aan weerszijden grote zittende beelden, liggende marmeren leeuwen en sfinxen, had geplaatst. Men begon de tempel te bouwen na 333 v. Chr., maar hoewel men er honderden jaren aan gebouwd heeft, is hij nooit geheel klaargekomen. Nog keizer Caligula (34—41 n. Chr.) heeft het plan gehad hem te voltooien, maar het is niet gebeurd. Dat men over een bouw lang deed, kwam steeds voor, ook later. Denk maar eens aan de dom van Keulen, die begonnen werd in 1248 en voltooid in 1880, dus 632 jaar later. Zover heeft de tempel van Apollo te Didyma het niet gebracht. Zijn ontwerpers – gelukkig kunnen we nu eens namen noemen – Paionios van Ephese en Daphnis van Milete hebben hem nooit klaar gezien. Trouwens niemand heeft dat. Hij is vervallen, zelfs zo zeer, dat er later op de plaats waar hij stond een dorp met een windmolen gebouwd is. Toen men hem ging opgraven moest men eerst de huizen en de molen kopen om ze te kunnen verwijderen. Maar dat was de kosten en moeiten waard.

De tempel was 109,41 m lang en 51,13 m breed. Een dubbele rij zuilen omgaf hem, 120 in het geheel. Een trap van 20 treden, 25 m breed gaf toegang tot de voorhal, waar 12 jonische zuilen een prachtige marmeren zoldering droegen. Een grote marmeren deur, die niet gesloten kon worden, leidde tot de hoofdzaal. Op nadere bijzonderheden gaan we niet in, ook pogen we niet de schoonheid te tekenen van de zuilen, hun kapitelen en van het andere marmerwerk. Want niet daarvoor spreken we over deze tempel, maar we doen het, omdat bij de opgravingen de documenten gevonden zijn, die betrekking hebben op de bouw, modern gezegd de aantekeningen en andere bescheiden, die men in de directiekeet kan aantreffen, de stukken van het bouwbureau. Daarin is sprake van de contracten

met de aannemers, de arbeidslonen, de modellen en plannen. En zo lezen we een en ander uit de praktijk. De ene steenhouwer werkt aan de cannelures in de zuilen, dat zijn de gleufvormige uithollingen, die in de zuil worden gehakt. Een andere arbeider tekent deze op de zuilen af en doet de precieze metingen, die nodig zijn om de zuilentrommels haarfijn op elkaar aan te passen. De doorsnede van de aansluitende trommel is precies opgegeven en ingekrast. Men krijgt ook een indruk van het transport van de kolossale blokken marmer, die de 20 m hoge zuilen moeten vormen, met de prijs erbij. We lezen: „transport van 8 zuilentrommels van 700 kubieke voet van de steengroeve naar de kust en vandaar naar Panormos (d.i. de op 6 km afstand gelegen havenplaats). Transport van 19 trommels (dat zijn de delen van een zuil) van Panormos over de heilige weg naar de tempel; door de tempeladministratie geaccordeerde prijs 4450 drachmen 3 obolen. Arbeid aan deze 19 trommels 2009 dr. 3 obolen. Opzetten van een houten stelling om trommels van de derde zuil op te hijsen 200 dr. Plaatsen van trommels van die zuil 724 dr. 3 obolen." Een drachme is (koerswaarde buiten beschouwing gelaten) *f* 0,45, een obool *f* 0,075. Het transport kostte dus *f* 2.002,72, het werken aan 19 trommels *f* 904,27, het oprichten van de stelling *f* 90, het plaatsen van de trommels *f* 326,02. Merkwaardig is, dat telkens aan de grote som drachmen 3 obolen worden toegevoegd; dat zal wel een bepaalde betekenis hebben. Merkwaardig is verder, dat de prijzen zo gespecificeerd worden gegeven. Dat heeft een eigenaardige oorzaak. Tegenwoordig wordt de bouw van een groot bouwwerk in zijn geheel aanbesteed, al worden sommige onderdelen dan weer verder onder-aanbesteed. Dat deed men in het oude Griekenland niet. Er waren geen firma's die in staat zouden geweest zijn, een hele tempel te plaatsen. We weten dat de bouw van de tempel te Didyma door minstens 19 aannemers uitgevoerd werd. Het was alles kleinbedrijf. We kunnen er zeker van zijn, dat in het zoëven vermelde geval het transport van de trommels was opgedragen aan een ander dan de arbeid aan die trommels en het opzetten van de houten stelling weer aan een ander. Vandaar de gespecificeerde prijzen. Iedere leverancier van steenblokken liet op ieder blok zijn naam griffen ten behoeve van de jaarlijkse afrekening.

Niet alleen de prijzen hield men bij, maar men tekende ook de werkzaamheden aan. We lezen bv.: „Men heeft uit het depot de marmeren deurposten naar de voorhal overgebracht" (daar was namelijk de werkplaats). „Men heeft de bovendrempel

uit de haven Panormos naar het bouwterrein getransporteerd en naar de werkplaats gebracht en aan de grondslag van de deurpost en aan de plaats voor de posten gewerkt en tenslotte de posten geplaatst." Dit is een aantekening uit de tijd toen men reeds ongeveer 175 jaar aan de bouw gewerkt had. Enige jaren later tekende men aan: „De deurbalken werden uit het depot in de voorhal gebracht, nadat daartoe een hefmachine op vier wielen gebouwd en opgesteld was. Daarna werd een tweede machine van twee benen opgesteld en de deurbalken op de posten gehesen. Uit de haven Panormos werd de fries en de contrafries van de deuren aangevoerd. Beide werden eerst behouwen en daarna op de deurbalken gehesen. Samen 1702½ kub. voet." En deze mededelingen gaan tot in het oneindige door, honderden jaren lang. Ze waren in steen gehouwen en zo voor ieder ter inzage.We zullen die geschiedenis niet volgen, vertelden dit alles alleen om een blik te geven in de wijze, waarop zulk een bouw plaats vond en geadministreerd werd. Wellicht zal een lezer vragen, wat men aan een gebouw had, dat eigenlijk nooit afkwam. We kunnen hem geruststellen: reeds vroeg werd de tempel gebruikt en gedurende al die vele jaren van voltooiing hadden er de religieuze plechtigheden plaats, waarvoor hij gebouwd werd. Het zou verleidelijk zijn te spreken over het prachtige beeldhouwwerk aan zuilen en kapitelen en friezen, maar dan zouden we wel zeer ver buiten ons onderwerp komen.

V

WATERLEIDINGEN, FONTEINEN EN BADINRICHTINGEN

We mogen gerust zeggen, dat de Grieks-Romeinse wereld een zeer veel betere waterverzorging had dan die van onze grootouders, en dat de watervoorziening in verscheidene grote steden der oudheid en zeker in Rome met die van de moderne wereldsteden van thans kan wedijveren. Wie Griekenland en Italië bereist, vraagt zich wel eens af, hoe men daar in sommige kurkdroge streken aan het water komt. Maar dan ziet men plotseling op een plaats, waar men het niet zou verwachten, een fonteintje permanent helder water geven. Het is een grote zegen voor die landen, dat er zoveel natuurlijke bronnen zijn. Daarvan heeft men natuurlijk ook in de oudheid dankbaar gebruik gemaakt en menige boerderij had de plaats van haar vestiging te danken aan de aanwezigheid van een natuurlijke bron. Was die er niet, dan ging men graven en vond men ook daardoor geen water, dan moest men pogen zich tevreden te stellen met een regenbak met al de narigheden, die daaraan verbonden zijn. Sommige oudere lezers kunnen daar ongetwijfeld nog over meepraten. Maar de bestuurders van antieke steden hebben zich altijd beijverd een andere watervoorziening te treffen, want ze begrepen zeer goed, dat zuiver water een eis der hygiëne is. Maar daarvoor hadden ze de hulp van ingenieurs en andere technici nodig en dezen hebben op dit terrein wonderen gepresteerd, waarvoor we niet anders dan de grootste eerbied kunnen hebben. We zullen daarvan enige voorbeelden bespreken.

Toen men op het eiland Samos in ± 530 v. Chr. een *waterleiding* ging aanleggen, vond men een geschikte plaats voor het hoofdreservoir (waarover later) op de zuidelijke helling van de berg, waarbij de stad gelegen was. Maar de bron, die het water leveren moest, lag aan de andere zijde van de berg. En dus moest de leiding door de berg heen aangelegd worden. Dit werk is onder leiding van de ingenieur Eupalinos van Megara inderdaad volbracht. Men begon van twee zijden tegelijk. Daartoe moest men geometrisch de richtingslijn van de tunnel vaststellen en dit deed men door een door Heron veel later beschreven systeem van rechthoekige coördinaten en driehoeksconstructies, waarop we nu niet kunnen ingaan, al kan een leek het begrijpen. Aan weerszijden begon men dus de berg, die in

hoofdzaak uit kalksteen bestond, aan te tasten en ongeveer op de helft van de bijna 1000 meter lange tunnel hoopte men elkaar te ontmoeten. Ook nu is nog te zien, dat het niet precies klopte, de horizontale afwijking was ± 5,50 m, de verticale ± 2,50 m. Wanneer men bedenkt, dat ook thans nog in zulke gevallen kleine afwijkingen voorkomen, moeten we voor de berekeningen van Eupalinos, die nog niet zulke fijne instrumenten tot zijn beschikking had, wel bewondering hebben. De tunnel is 1,75 m breed en even hoog; op bepaalde afstanden bevinden zich in de wanden nissen, waar lampjes geplaatst konden worden.

Hoe kwam nu het water door de tunnel? De bron bevond zich op een afstand van de ingang van de tunnel aan de noordzijde. Het water moest dus van de bron naar de tunnel gevoerd worden. Bij de bron was een overdekt reservoir. Daaraan werd nu een pijpleiding aangesloten. Maar omdat het gevaar bestond, dat een eventuele vijand, die de stad zou belegeren, haar van watertoevoer kon afsnijden door de leiding te vernielen, legde men de leiding ondergronds, zodat de vijand haar niet zou merken. Deze leiding is 835 m lang en loopt met een bocht. Ze is 1,70 m diep en 0,50 m breed. Het water stroomde onder in de gang door een met stenen platen bedekte goot en kwam ondergronds in de tunnel. Daardoorheen liep het door lemen buizen, de sporen van die buizen zijn nog gevonden. Maar die buisleiding lag in een groeve, die in de bodem van de tunnel was gegraven. En die groeve was diep; aan het begin van de tunnel 2 m, aan het einde zelfs 6 m. Waarschijnlijk moet dit verschil worden verklaard daardoor, dat men het verval oorspronkelijk niet goed berekend had en het door deze diepe groeve verbeterde. Ook van de opening van de tunnel af werd het water ondergronds naar de stad gevoerd. Terecht rekent Herodotos deze waterleiding, die hij beschrijft, tot de drie bewonderenswaardige werken van Samos. Een van de andere is een dam, die de Samiërs in de zee om de haven gelegd hebben. Hij was 37 m diep en langer dan 3700 m. Een moderne golfbreker is op de resten van deze dam aangelegd; op resten, want de oude dam is ver onder water geraakt, de zee is daar thans meer dan 70 m diep. Wij, die door de deltawerken weten (of als leken ternauwernood kunnen bevroeden) wat de aanleg van zo'n dam betekent, moeten toch wel respect hebben voor de ingenieurs, die zulk een werk bijna 2500 jaar geleden tot stand brachten, zonder onze moderne machines.

De waterleiding op Samos is geen drukwaterleiding. Het verval tussen de bron en de stad was voldoende om het water

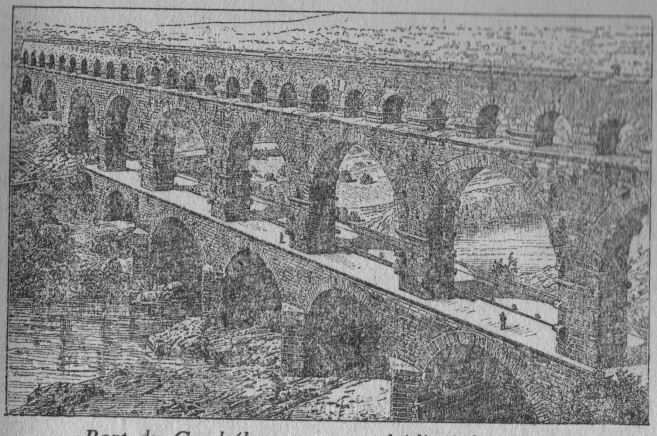
aan te voeren. Lange tijd heeft men gemeend, dat men in de oudheid de wet der communicerende vaten niet kende en dus ook geen drukwaterleidingen had. Tegenwoordig weten we beter. Als het enigszins mogelijk was maakte men van een niveauverschil gebruik om het water ook in de huizen te doen opstijgen. Verscheidene voorbeelden zijn daarvan gevonden, ook in Italië. En watertorens behoefde men daarvoor niet te bouwen; dat was het voordeel van bergachtige streken. Een van de fraaiste voorbeelden van een drukleiding biedt Pergamon. Het water moest daar gevoerd worden naar een stadsreservoir, dat 332 m boven het zee-oppervlak lag. Er moest dus een hoger punt zijn voor een reservoir, waarheen het water uit de bronnen gevoerd kon worden. De resten van dit reservoir zijn gevonden op een hoogte van 367,6 m boven de zee. De bronnen waren in een gebergte op 50 km afstand gelegen. Vandaar werd het water door lemen buizen naar het reservoir gebracht. Maar nu kwam de moeilijkheid. Want tussen het hoge en het lage reservoir lagen twee door een heuvelrug gescheiden dalen, het ene op een hoogte van 192, het andere van 172 m. Van het hoge reservoir daalde het water dus tot het diepste punt van 172 m boven de zee, maar steeg vandaar, waarschijnlijk door metalen leidingen, weer op tot het vereiste niveau van 332 m. De grootste druk was dus die van een waterkolom van 367,6 — 172 = 195,6 m, dus 19,56 atmosferen. Van het lager gelegen reservoir werd het verder over de stad verspreid. Het geheel was dus een kostbare aanleg en we kunnen begrijpen dat de Pergamenen trots waren op hun water. Het was dan ook verboden in de fonteinen het vee te drenken, kleren te wassen en vaatwerk te spoelen. Daarop stonden strenge straffen.

Ook in het reeds eerder genoemde Priëne had men een voortreffelijke waterleiding, die het water aangevoerd kreeg uit een bron op 800 m hoogte. In de stad waren overal fonteintjes, waaruit de ganse dag het water liep en waar de vrouwen haar emmers of kruiken konden vullen. Maar dat was niet voor ieder nodig, want ook de meeste huizen hadden hun waterleiding. Op daarvoor geschikte plaatsen waren in de buizen openingen, die door lemen plaatjes werden afgesloten, ten behoeve van het schoonmaken der leiding. De stukken van de pijpen waren door een witte soort van kit aan elkaar verbonden, die blijkbaar goed afsloot, want op verscheidene plaatsen loopt de waterleidingpijp midden door een rioolbuis heen.

Niet alleen de grote steden in de oudheid, zoals bv. Alexandrië met zijn 750.000, Athene met 250.000 en Rome met, in

de bloeitijd, 1.500.000 inwoners hadden goede waterleidingen, maar ook verreweg de meeste kleinere steden. Toch moest men soms, zoals we reeds opmerkten, met *regenbakken* werken, want niet overal trof men bronnen aan. Soms waren die in de rotsgrond uitgehouwen, soms gemetseld, meestal langwerpig van vorm. De uitgehouwen regenbakken of cisternen hebben soms de vorm van een buikfles, de opening is dus veel kleiner dan het bodemoppervlak. Waren de cisternen gemetseld, dan moest natuurlijk goed voor de waterdichtheid gezorgd worden. De stenen waren nauwkeurig met specie aangestreken en de hoeken waren daarmee afgerond. Ieder scheurtje werd weggewerkt met een soort van kit, waarvoor vele recepten bestonden. Natuurlijk was de cisterne van boven afgesloten. Het water werd van de daken en andere hooggelegen plaatsen door van leem gebakken leidingen naar de cisterne gevoerd. Soms zijn twee of drie bakken naast elkaar gelegd met het doel het water te zuiveren. Men liet het van de ene bak als het ware door een zeef in de andere sijpelen. In de gehele oude wereld treft men ook thans nog die antieke cisternen aan. Natuurlijk had men ook gegraven putten, waarin zich het water verzamelde. In de oudste tijd beschoot men de wanden van putten met hout, later met metselwerk, dat dan meer dan een meter boven de grond werd opgemetseld en waarboven een dak was gebouwd. Onder het dak was een wiel aangebracht, waarover het touw liep, dat men nodig had om het water uit de put naar boven te hijsen. Men ziet, dit alles was dus precies eender als wij het ook nog kennen, zij het niet in de steden.

Wanneer we over de watervoorziening in de steden handelen, nemen we het meest grootse voorbeeld: Rome, dat ook nu nog de meest waterrijke stad der wereld is mede dank zij de door de ouden aangelegde waterleidingen. Deze leverden bijna een miljoen kubieke meter per dag, dat wilde zeggen 540 liter per inwoner. En al dat water kwam van verre. In de eerste tijden legden de Romeinen hun waterleidingen ook buiten de stad ondergronds, maar later toen het water steeds verder weg werd gehaald, werd dat moeilijk. Daarbij kwam, dat in het bergachtige terrein allerlei hoogten voorkwamen, die men liever niet door gebruik te maken van de waterdruk overwon. Men legde de leidingen liefst zo weinig mogelijk hellend aan en om dat te bereiken moesten tunnels worden gegraven en aquaducten worden gebouwd. Van die aquaducten met hun machtige bogen zijn nog belangrijke resten over, bv. bij Segovia en Tarragona in Spanje en de Pont du Gard bij Nimes. Deze dateert uit de tijd



Port du Gard (brug en waterleiding) bij Nimes

van Augustus en is 269 m lang. Hij voerde het water over de rivier de Gard. Het aquaduct bestaat uit drie rijen bogen boven elkaar, die tezamen 49 m hoog zijn. De waterleiding was aangebracht op de bovenste colonnade. In 1859 werd de Pont du Gard vernieuwd. Maar het meest bekend zijn wel de resten van de waterleiding van Claudius, de aqua Claudia in de Campagna bij Rome. We zien daar geweldige bogen met een spanning van 5,5 m en een hoogte van ± 30 m dicht bij elkaar staan. In het geheel zijn er nog 155 over. In het viaduct, dat deze pijlers droegen, waren een of meer diepe goten, van welke ook de bovenste afgedekt was. De aqua Claudia combineerde bij de stad twee leidingen, die tegelijk waren aangelegd. Caligula was er in 38 aan begonnen, Claudius voltooide ze in 52. De bovenste, die door het aquaduct stroomde, was de z.g. Anio novus (de nieuwe Anio), aldus genoemd naar de rivier. Zij was 67 km lang, de andere, de aqua Claudia 93 km; de aanleg kostte 55,5 miljoen sestertiën, dat is dus meer dan 5,5 miljoen gulden, voor die tijd een zeer grote som. Toen keizer Aurelianus (270—275) een muur om Rome bouwde, maakte hij van twee bogen der Aqua Claudia gebruik om er een poort van te maken; het is de tegenwoordige Porta Maggiore. Wat de aanleg van zulk een waterleiding betekende, beseffen we wellicht pas goed als we

weten, dat ze in het Sabijnse gebergte onder een berg doorliep door een tunnel van 4950 m.

Hoe men het water in de stad verdeelde, zullen we later zien. Eerst noemen we nog enige andere bekende leidingen; niet alle, want zo langzamerhand werden het er veertien. De aqua Marcia vond haar bronnen in dezelfde streek als de beide reeds genoemde leidingen. Zij was 91,6 km lang, liep grotendeels onder de grond, boog zich om heuvels en andere obstakels heen, maar liep ten slotte nog 11 km lang over aquaducten en bereikte eindelijk het Kapitool. Zij werd aangelegd in 144—140 v. Chr. en genoemd naar de praetor, die haar bouw leidde, Quintus Marcius Rex, die geëerd werd door een ruiterstandbeeld op het Kapitool. Ook tegenwoordig heeft Rome nog een aqua Marcia, die even voortreffelijk water levert als haar antieke voorgangster. Dezelfde Appius Claudius, die de Appische weg heeft aangelegd, bracht in 312 v. Chr. de oudste Romeinse waterleiding tot stand, naar hem de aqua Appia genoemd. Zij was bijna 17 km lang en liep voor het grootste deel ondergronds, op bogen slechts over een afstand van 135 m.

Een zeer belangrijke waterleiding was de door keizer Trajanus gerestaureerde aqua Trajana. Zij was 45 km lang en liep zo, dat zij de leiding was, die van het hoogste punt de stad binnenkwam. Dat er dus kracht achter het water zat, kan de bezoeker van Rome ook nu nog zien. Want in 1612 werd in opdracht van Paus Paulus V een monumentale fontein gebouwd, waarop de aqua Trajana aansluiting gaf. En met een geweldige waterval stroomt nog dag en nacht, eeuw in eeuw uit, een enorme hoeveelheid water in het prachtige bassin. Interessant is, dat in de oudheid deze waterleiding een aantal watermolens dreef, die tegen de hellingen van het Janiculum (een bergrug aan de overzijde van de Tiber) gebouwd waren. De reeds eerder genoemde ingenieur Vitruvius geeft van de werking van zulk een molen een beschrijving. We mogen daarvan hier wel iets overnemen, omdat het een *watermolen* betreft.

Een groot vertikaal scheprad wordt door het water in beweging gebracht. Aan de as van dat scheprad is een betrekkelijk klein tandrad verbonden. De tanden van dit rad grijpen in de tanden van een horizontaal rad dat veel groter is. Daardoor wordt dus de beweging vertraagd. Het grote rad brengt de bovenste molensteen in beweging. Door een trechter wordt het graan tussen de beide molenstenen gebracht. Door dezelfde draaiing, zo zegt Vitruvius, wordt het meel van onder weggedreven. Deze enigszins onduidelijke woorden legt men zo uit,

dat de bak, waarin het meel terechtkomt, heen en weer geschud wordt. Als dat juist is, moeten we aannemen, dat de machine iets ingewikkelder is dan Vitruvius haar beschrijft; er zullen nog wel meer kleinere raderen en nokken aan te pas gekomen zijn.

Nu we toch over watermolens spreken, denken we aan de *scheepsmolens,* die in Rome voor het eerst gebruikt zijn, maar wel veel later dan de tijden, waarover we in dit boekje handelen, nl. in 536. Toen werd Belisarius, de veldheer van de Byzantijnse keizer in Rome, door de Oostgoten belegerd. De vijand had de waterleidingen verstopt en de watermolens konden niet werken. Belisarius liet toen molens plaatsen op schepen die in de Tiber lagen en wel zo dat de stroom het molenrad in beweging bracht. Sindsdien zijn deze molens in gebruik gebleven. Windmolens heeft de oudheid niet gekend, die zijn eerst in de middeleeuwen uitgevonden.

Laten we nu eens zien, wat er met het water gebeurt als het bij de stad gekomen is. We zijn daarvan, zoals trouwens ook van de waterleidingen buiten de stad, bijzonder goed op de hoogte door een geschrift van Sextus Julius Frontinus. Deze was in het jaar 97 curator aquarum, d.w.z. directeur van de waterleiding. En hij was een serieus man. Hij zegt, dat als hij iets op zich neemt, hij goed van alles op de hoogte wil zijn. En daarom heeft hij het gehele waterleidingwezen goed bestudeerd, ook historisch. Wat hij te weten kwam heeft hij beschreven; tot in de finesses heeft hij de inrichting van de waterleiding nagegaan en zelfs de daarop betrekking hebbende senaatsbesluiten in zijn boek opgenomen. Zo had hij een handleiding voor zichzelf en, zo zegt hij, ook mijn opvolgers kunnen er een nuttig gebruik van maken. Hij was een actief, maar ook een bescheiden man. Zo verbood hij, dat men na zijn dood een standbeeld voor hem zou oprichten. Hij zeide: „de uitgaven voor een monument zijn overbodig, de herinnering aan mij zal voortduren, als ik het door mijn leven verdiend heb." Hij heeft nog gelijk gekregen ook; een standbeeld zou wellicht al verdwenen zijn, maar de herinnering aan het actieve leven van deze directeur van bijna 1900 jaren geleden, leeft door zijn werk nog voort.

Men had in de oudheid een ander systeem van de distributie van het water over de stad dan wij. In het algemeen gezegd is het tegenwoordig zo, dat het water in een groot reservoir verzameld wordt en vandaar door een grote buisleiding naar de stad wordt gevoerd. Die leiding heeft dan weer grotere en

kleinere aftakkingen naar de verschillende wijken en straten en van die kleinere straatleidingen brengen nog kleinere pijpleidingen het water in de huizen. In de oudheid was het anders. Het water werd van zijn oorsprong af door de grote pijpleidingen, waarover we reeds spraken, naar de stad gevoerd. Maar daar waren op daarvoor, vooral wat de hoogte betreft, geschikte punten grote reservoirs aangelegd, waarin het werd opgevangen. De Romeinen noemden deze reservoirs castella, we zouden dat vrij kunnen vertalen door waterforten. Het waren niet zo maar grote waterhouders, neen, men bouwde ze dikwijls zeer mooi en monumentaal met allerlei beeldhouwwerk. Van die castella liep het water door een aantal leidingen naar een groter aantal kleinere reservoirs, die over de stad verdeeld waren. En van die kleine bassins liepen straalsgewijs pijpleidingen, die het water naar de fonteinen en huizen voerden. Want al hadden lang niet alle woningen waterleiding, en zeker niet de hoge huurkazernes, toch waren de wat wij zouden noemen ééngezinswoningen der rijken van water voorzien. De hoofd- en secundaire leidingen liepen, evenals bij ons, onder de straten en wel in pijpen van aardewerk of van lood, die een ovale vorm hadden. Die loden pijpen maakte men in stukken door dunne loden platen te buigen om een houten mal. Om die stukken aan elkaar te verbinden boog men de uiteinden met een bepaald werktuig naar buiten zodat de andere buizen daarin gesloten konden worden. De tussenruimte vulde men met lood op of hamerde haar toe en soldeerde de naad met lood. Vitruvius gaf de voorkeur aan uit klei gevormde buizen, want die konden gemakkelijker vervangen worden en loden buizen waren, zo zegt hij, slechter voor de gezondheid; hij had opgemerkt, dat loodwerkers er vaak bleek uitzagen. Evenals wij moesten ook de oude Romeinen, die het water in huis kregen, betalen. Door een kraan in de leiding kon men haar afsluiten om overmatig gebruik te kunnen opmeten. Men gebruikte daarvoor een zekere eenheid, quinarius geheten, die overeenkwam met een hoeveelheid water, dat in een bepaalde tijd stroomde door een 30 cm lange pijp van 3 cm doorsnede, waarboven een waterzuil van 33 cm stond. Dit betekende dat men in 24 uur een watermassa van ongeveer 420 l. kreeg. De druk van de leidingen kon men verminderen door een drukverminderingsventiel. Dat was wel nodig ook, vooral daar waar het water van grote hoogte kwam.

Belangrijker dan de huiswaterleidingen waren de *publieke fonteinen.* We moeten die onderscheiden in fonteinen, waar het water onafgebroken rustig uit een pijpopening in het bassin

stroomt, springende fonteinen en verder wat de Romeinen nymphaea noemden, grote monumentale bouwwerken, die we straks nader zullen bezien. Van de beide eerste soorten was en is Rome nog vol. Agrippa liet in het begin van de keizertijd 700 lopende fonteinen en 500 springende aanleggen en in de 4e eeuw worden 1352 lopende fonteinen vermeld. Zij lagen bij voorkeur op pleinen of op kruisingen van straten. Het water loopt in een bassin, dat soms eenvoudig, soms rijker gevormd is. Hier kon de bewoner van Rome, die zelf geen waterleiding had, zijn vaten vullen. De springende fonteinen waren vaak zeer fraai met beeldhouwwerk versierd. Maar de *nymphaea* overtroffen die nog. Het woord betekent natuurlijk oorspronkelijk nymfenheiligdom. Vaak tegen de façade van een gebouw aangebracht vertoonde een nymphaeum grote beeldhouwwerken, nissen en prachtige zuilen, waartussen het water op verscheidene plaatsen te voorschijn spoot. Het wekte de schijn, dat op de plaats zelve de bron was, want in feite waren de buizen der leiding niet te zien. Ook andere steden hadden nymphaea, in Antiochië was er een, dat als hemelhoog beschreven wordt. Een voorstelling van die oude waterkastelen kan de bezoeker van Rome krijgen als hij de Fontana di Trevi bewondert, die haar water krijgt van de Aqua Virgo, door Agrippa ten behoeve van zijn badhuis op eigen kosten aangelegd en op 9 juni 19 v. Chr. ingewijd; verder de tegenwoordige Acqua Paolo, waarover we reeds spraken, gerestaureerd door Paus Paulus V, en nog enige van zulke waterwerken.

Het is duidelijk, dat voor het onderhoud van al die waterleidingen een groot personeel nodig was. In de oude tijd had de censor de leiding, later werd een bijzondere ambtenaar aangesteld, als curator aquarum, directeur der waterleiding, zoals Frontinus was. Agrippa had al 240 man personeel, meest slaven. Dat men het publiek ook ter wille was, blijkt uit het feit, dat bijna alle openbare fonteinen twee leidingen hadden. Moest men er één afsluiten wegens reparatie, dan werkte de andere nog. De aquarii, de watermannen, waren in de stad onmisbare lieden.

Een belangrijk deel van het naar Rome aangevoerde water werd gebruikt voor de *badinrichtingen*. Ook de Grieken kenden die, trouwens reeds in de oudste litteratuur wordt het nemen van baden vermeld. Van de openbare inrichtingen der Grieken weten we lang niet zoveel als van die der Romeinen. Dikwijls waren het zuilengalerijen, waarin uit hoog aangebrachte dierenkoppen water stroomde. De badenden stonden tot de knieën in het

water en namen een douche onder het neerstromende water. Maar ook andere vormen van badinrichtingen hebben de Grieken gekend. De rijkeren hadden een badkamer in hun huis en van hen hebben de Romeinen waarschijnlijk de gewoonte overgenomen om in hun eigen huis te baden. Maar dat konden alleen de meer vermogenden. Voor de financieel minder sterken werden de openbare badinrichtingen gebouwd, ook in kleinere steden. In Pompeii bv., een plaats van 20.000 inwoners, zijn ze opgegraven. Maar het meest luxueus waren ze in Rome. Reeds Agrippa telde er 170 en later zijn ze gestegen tot ongeveer 1000 in aantal. Voor ongeveer 1 cent kon men een bad nemen. Over de badgewoonten zou veel te vertellen zijn, maar hier interesseert ons vooral de techniek.

Dan moeten we voorop stellen, dat sinds de uitvinding van de centrale verwarming, waarover we vroeger reeds spraken, bijna alle grote inrichtingen daarvan voorzien werden. In Pompeii was een der baden reeds gebouwd vóórdien, maar duidelijk heeft men aan het gebouw, na de opgraving, kunnen opmerken, dat later de centrale verwarming is aangebracht en kort daarna ook zo is ingericht, dat de warmte door holle tegels in de muren naar boven kon opstijgen. Natuurlijk hadden de thermen (thermae is de Latijnse benaming voor de badinrichtingen, aldus genoemd naar het Griekse woord thermos, warm) in Rome alle centrale verwarming. Over de twee grootste en door hun overblijfselen meest bekende thermen zullen we een en ander zeggen.

We moeten er echter eerst op wijzen, dat de thermen méér waren dan alleen plaatsen waar men kon baden. Ze waren als het ware de stedelijke centra der cultuur. Op hun terrein waren grote worstelperken aangelegd voor gymnastische oefeningen, stadia voor hardlopen, maar ook grote conversatiezalen, waar men elkander ontmoette, bibliotheken, waar men kon lezen en studeren, ja zelfs pinacotheken, tentoonstellingen dus van schilderijen. Er werden voordrachten gehouden en declamaties, kortom het gehele culturele leven vond in de thermen zijn concentratiepunt en vele Romeinen brachten het grootste deel van hun dag in de thermen door. Het is duidelijk dat voor dit alles een groot terrein nodig was en uit de overblijfselen blijkt dan ook dat men dat er voor genomen heeft.

De thermen van Caracalla, aangelegd door deze keizer, die het gebouw in 216, hoewel het nog niet voltooid was, inwijdde, hadden in hun geheel een oppervlakte van 330 bij 330 m, dat is dus meer dan 10 ha. Het eigenlijke badgebouw was 220 m

lang en 114 m breed en besloeg dus meer dan 1,5 ha. Het was schitterend gebouwd, had hoge zalen, versierd met beelden en mozaïeken. De centrale verwarming, waarvan nog buizen en andere onderdelen gevonden zijn, moet uitstekend geweest zijn. Maar nog groter waren de thermen van Diocletianus (13 ha), ingewijd in 305 en 306. Ze lagen vlak bij het tegenwoordige hoofdstation in Rome. Van de lijn van hun ommuring kan men de sporen nog zien op de plattegrond van Rome. Zo was er in de westmuur een halfcirkelvormige uitstulping (de Romeinen noemden dat een exedra) en hoewel de muur verdwenen is, tekent deze exedra zich af in de vorm van een groot plein, de Piazza dell'Esedra, met een doorsnee van ongeveer 100 m, waar in het midden een door de Acqua Marcia gevoede grote fontein staat. Twee hoeken van de muur, die het terrein der badinrichting omgaf, werden gevormd door twee ronde bouwwerken. Eén daarvan is thans de kerk van S. Bernardo. Een ander deel van het gebouw werd door Michelangelo op last van Paus Pius IV veranderd in een klooster voor Karthuizer monniken en een van de grote zalen (het tepidarium, waarover later) werd door dezelfde kunstenaar ingericht tot een prachtige kerk, S. Maria dei Angeli. Deze kerk is 90,80 m lang, 27 m breed en 28 m hoog. Er staan nog 8 roodgranieten monolitische zuilen in, 13,80 m hoog, die uit de oude thermen afkomstig zijn. Bovendien is in de ruïnen nog ondergebracht het nationale museum. We krijgen uit dat alles een indruk van de grootte en de schoonheid der oude thermen. Terwijl in de thermen van Caracalla, afgezien van de zwembassins, 1600 mensen tegelijk konden baden, bedraagt dit getal voor de thermen van Diocletianus 3200.

In iedere badinrichting, klein of groot, had men verschillende vertrekken. Eerst een zaal, waar men zich kon uitkleden en zijn klederen in bewaring geven. Verder het z.g. frigidarium, de zaal voor de koude baden. Daarin waren ook de zwembassins. Niet dat men daar de zwemkunst leerde, dat deed men in het open water van de rivier. Tussen haakjes zij opgemerkt, dat in de oudheid veel meer mensen zwemmen konden dan (wellicht tot voor kort) bij ons; maar zwemwedstrijden werden nooit gehouden. In de thermen van Caracalla was het bassin 55 bij 20 m, had dus een oppervlakte van 1100 m^2, in die van Diocletianus was het 1700 m^2 groot, de diepte was tot borsthoogte. In twee badhuizen te Pompeii waren bassins van 12,7 bij 8 m en 26 bij 7 m. Hier waren ze 2 m diep. Verder was er een tepidarium, een lauw verwarmde zaal, waar men enigszins op

temperatuur kon komen, voordat men het caldarium, de zaal voor de hete baden, binnenging. Daaromheen waren kleinere kamers voor privé-zweetbaden. In het caldarium zelf was een grote badkuip, waarin men gemeenschappelijk baadde. Het zeer warme water stroomde daarin door een of meer openingen, bovenaan de kuip was een afvoer, zodat hij niet kon overlopen. Ook onderaan was een uitlaat, waardoor men de kuip kon laten leeglopen; het uitstromende water gebruikte men dan tot het reinigen van de vloer. Aan het einde der zaal stond het labrum, het wasbekken, dat men na het zweetbad kon gebruiken. Het was met lauw water gevuld. Er zijn enige van die bekkens overgebleven, dat te Pompeii heeft een doorsnede van 2,34 m, is 0,21 m diep en staat een meter boven de bodem. Al deze inrichtingen waren in de grote thermen dubbel aanwezig, één voor mannen, één voor vrouwen. De kleinere badhuizen bewerkten de scheiding door verschillende uren van openstelling. Al de verwarmingen kwamen uit een centrale plaats, de grote stookplaatsen voor de hypocausis, de centrale verwarming, waarover we vroeger spraken. Men begrijpt welke technische moeilijkheden daarbij moesten overwonnen worden. Talrijke buizen en betegelde verwarmingskanalen liepen onder en door het gebouw.

Maar het belangrijkste element in de badhuizen, waardoor we er toe gekomen zijn ze te bespreken, was het water. Dat het in zo grote overvloed beschikbaar was, dankte de oude wereld aan de technici, die in staat waren de grote waterleidingen aan te leggen.

VI

SCHEPEN, SCHEEPVAART, VUURTORENS EN KANALEN

Wanneer wij aan scheepvaart denken, dan verstaan we daaronder zowel de binnenvaart als de vaart op zee. In de oudheid was de binnenvaart lang niet zo belangrijk als in onze vlakke landen met grote rivieren en kanalen. In Griekenland kende men haar nagenoeg niet, want daar waren geen bevaarbare rivieren. Des zomers stonden ze nagenoeg droog, des winters waren ze onbevaarbaar door de geweldige stromingen. De Romeinen kenden de riviervaart wel, maar toch eigenlijk alleen op de Tiber van de monding bij Ostia tot de stad. In de provincies voeren ze wel op de rivieren, de Donau, de grote rivieren in Spanje en Frankrijk en natuurlijk ook in onze streken op de Rijn, de Maas en de Waal. Op de Rijn in Zwitserland daarentegen was de vaart zeer gering. Ze hadden verschillende soorten van kleine rivierboten; maar het meest ontwikkeld was de zeevaart. Die moeten we ons later, dus b.v. in de keizertijd op de Middellandse zee niet minder druk voorstellen dan thans, al waren de schepen veel kleiner. We zullen in dit hoofdstuk dan ook nagenoeg alleen spreken over zeeschepen en zeevaart.

We onderscheiden de schepen in *oorlogsschepen* en *vrachtschepen*. Het belangrijkste onderscheid tussen deze twee is hierin gelegen, dat de oorlogsschepen veel langer waren, in verhouding tot de breedte, dan de vrachtschepen. Een van de benamingen van een oorlogsschip is bij de Romeinen dan ook „lang schip", van een vrachtschip „rond schip". Bij het eerste was de verhouding van lengte tot breedte ongeveer 7 op 1, bij het laatste 4 op 1. De oorlogsschepen hadden een vlakke kiel en ook een vlak dek. Alleen bij voor- en achtersteven liepen ze iets op. Uit de voorsteven stak een stevige puntige balk, die in het schip zeer degelijk was ingebouwd. Dit was een soort stormram, waarmee men vijandelijke schepen ramde en vaak tot zinken bracht. De vrachtschepen waren niet alleen breder, maar ook hoger gebouwd. De kiel boog sterker door en voor- en achtersteven waren ronder. De boeg toonde een schuine, zwakke S-lijn. Boven de kiel was nog een tweede kiel aangebracht en tussen die twee kielen waren de spanten of ribben voor de scheepswand stevig bevestigd. In de tweede kielbalk waren insnijdingen gemaakt, die om de spanten pasten en ze

zo vasthielden. De scheepswand was van binnen versterkt en aan de buitenzijden liepen daarover de „gordels", die niet alleen dienden tot versterking, maar ook, zoals we later zullen zien, tot rustplaats voor de riemen. Over de kielconstructie was een bodemvloer gelegd. In de ruimte daaronder verzamelde zich het kielwater, dat, wanneer het schip aan land getrokken was door een gat, dat dan geopend kon worden, wegliep. Van begin november tot in maart voer men alleen bij hoge uitzondering op zee en gedurende dat winterseizoen lagen de schepen op het land getrokken. Men bedenke daarbij dat de Middellandse Zee nagenoeg geen eb en vloed kent. Waarschijnlijk werd in de bedoelde ruimte, althans bij oorlogsschepen, ook de ballast meegevoerd. Op de bodem stond de mastschoen, waarin de mast rustte. Deze mastvoet was stevig verbonden met de kielbalk.

De omvang van de schepen en hun diepgang verschilden natuurlijk. Het meest gangbare type oorlogsschip van de Atheners was 37 m lang en 5 m breed. Het had een geringe diepgang. Ongeveer dezelfde afmetingen hadden de Romeinse oorlogsschepen, die 30 roeiers per rij hadden. Later ten tijde van Caligula bouwde men schepen met 40 roeiers per rij, die een lengte hadden van ongeveer 48 m. Maar ook reeds vroeger had men in de Griekse wereld veel grotere schepen, van 115 m en nog langer. Van de omvang van de handelsschepen zijn we minder goed op de hoogte. Ze waren natuurlijk evenals thans van verschillende grootte. Er waren kleine van ruim 13 ton, grotere van 130 of 260 ton, enige zeer grote, o.a. het schip, waarmee onder Caligula de obelisk naar Rome gebracht werd; dat mat ongeveer 1335 ton. Maar de meest voorkomende maat was die van ongeveer 79 ton, voor ons besef dus klein. Er zijn berichten over van verscheidene zeer grote schepen, zo b.v. van de „Isis", die 2893 registerton mat. Het schip was 53 m lang, 12 m breed en 13 m diep. Toen het door storm genoodzaakt de haven van Peiraieus binnenliep, kwamen honderden het schip bewonderen. Het grootste schip, waarvan we weten, was de „Syrakosia", die door Archimedes in opdracht van de koning Hieron II van Syrakuse gebouwd werd. Dat mat 3310 ton, volgens sommigen zelfs 4200 ton en was 130 m lang. De houten romp was, aldus de antieke berichtgever, bekleed met loden platen en uit het materiaal hadden 60 gewone schepen kunnen gebouwd worden. Er waren 60 kamers en zalen, waaronder 30 cabines ieder met 4 bedden, bovendien had de kapitein zijn kamers op het achterdek. Op het dek was een schaduwrijke

tuin aangelegd met bloembedden. Er was een eetzaal en een bibliotheek, een zwembassin en badkuipen. Verder kon er vee gestald worden en waren er grote bakken, waarin de vissen konden rondzwemmen, bak- en braadfornuizen. Het was een goed verdedigbaar schip. Op acht torens stond geschut – over de aard van het antieke geschut spreken we later – en ook in de mastkorven waren schietapparaten. Over het schip heen was een brug gemonteerd, waarop een stuk geschut stond, dat een stenen kogel van 80 kg 180 m ver kon wegschieten. Het schip kon verder nog 60.000 schepel koren, 10.000 aarden potten met ingezouten vis en nog veel andere voorraden vervoeren. Voor het te water laten van dit schip had Archimedes een machine geconstrueerd van tandraderen en rollen, die zeer gemakkelijk kon bediend worden. Het kielwater kon door een waterschroef naar boven gewerkt worden. Men behoefde slechts aan een zwengel te draaien en het water kwam langs de schroef naar boven. Hoe deze schroef ingericht was en werkte zullen we later beschrijven. De Syrakosia was zo groot, dat het in geen enkele haven kon binnenlopen. Ze werd ten slotte ten geschenke gegeven aan de koning van Egypte. Nadien is iets dergelijks nooit meer vertoond tot de tijd van de moderne oorlogsschepen en oceaanstomers, die natuurlijk van een ander karakter zijn. Maar wanneer we bedenken, dat Hieron II van 270—215 v. Chr. koning was en het schip dus gebouwd werd in de 2e helft van de derde eeuw vóór Chr. dan moeten we voor die oude scheepsbouwtechnici toch wel bewondering hebben. Men kan gerust zeggen, dat de antieke scheepsbouw eerst in de 19e eeuw is overtroffen.

Nu komt de vraag aan de orde, hoe de antieke schepen, die nog geen machines en schroeven hadden, werden voortbewogen. Het spreekt bijna van zelf, door de *roeiriemen* en de *zeilen*. De oorlogsschepen werden in hoofdzaak door roeiers voortbewogen, de zeilen speelden een ondergeschikte rol. Want in de zeeoorlog – waarop we niet nader ingaan – was het nodig dat men snel kon manoeuvreren en dat ging bij het gebruik van zeilen niet. Bij de handelsschepen was het andersom. Die maakten vaak grote reizen op volle zee en daar kon men van de zeilen een dankbaar gebruik maken. Maar toch waren ze alle ook van een roeiapparaat voorzien, dat in werking kwam bij windstilte en bij het binnenvaren van havens. Merkwaardig is dat men in de oudheid de kunst van het scherp laveren niet gekend heeft.

Behalve bij kleine bootjes bediende een roeier nooit meer dan één riem. Bij grotere schepen zaten aan weerskanten van

het schip een aantal roeiers achter elkaar met een tussenruimte van 0,92 m. Een schip met 50 roeiers, dus 25 aan weerszijden was dus ongeveer 32 m lang. De lengte van het schip kon niet tot in het oneindig uitgebreid worden; wilde men dus de snelheid en bij een oorlogsschip de stootkracht verhogen door meer roeiers te gebruiken, dan moesten de meerdere roeiers iets hoger zitten dan de eerste rij. En zo breidde het aantal rijen zich uit. Het scheepstype ontleent daar bij de Grieken zelfs zijn naam aan. De namen beginnen alle met een getal, waaraan dan de uitgang -êrês wordt toegevoegd (van het werkwoord *erettein*, dat roeien betekent). Bij de Romeinen is het evenzo, alleen de uitgang is daar – remis van *remus* (roeiriem). Een triëres, of zoals wij het noemen een triëre, en een triremis is dus een schip met drie rijen roeiers boven elkaar. Zo zijn er tetreren, met vier rijen, penteren, met vijf rijen enz. Er is zelfs een tesserakontere bekend, een schip dus met 40 rijen roeiers. De lezer begrijpt, dat zich daarbij allerlei moeilijkheden voordoen, die door de deskundigen op het terrein van het antieke scheepswezen nog niet alle zijn opgelost.

Immers, terwijl men in het begin de tweede rij een verdieping hoger zette dan de eerste, ging dat niet, toen er meer, en soms zelfs veel meer rijen kwamen. De riemen zouden dan te lang moeten zijn en de ruimte binnensboords werd te klein. Want als de riemen langer worden, steekt ook een groter deel van hun lengte binnen het schip, nl. $^2/_7$ deel van de riem. Het slag houden zou ook bemoeilijkt worden. Daarom zette men de rijen zo dicht mogelijk boven elkaar, hoogstens 0,80 m, maar meestal veel minder. Ze zaten dus in dezelfde ruimte, maar wat hoger en wat meer naar binnen. Voor de hogere rijen ging men uitleggers aanbrengen, dat zijn steunpunten voor de riemen, die buiten boord uitstaken. Dat was natuurlijk gunstig voor de lengte van de riem en de trekkracht van de roeier. Maar eigenlijk mogen we het woord uitlegger hier niet gebruiken. Want iedere rij riemen rustte op één tegen de scheepswant aangebrachte, uitstekende richel en deze richels werden naar boven steeds breder en daardoor kwam het steunpunt van de riem ook steeds verder naar buiten te liggen. Men ging de oorlogsschepen hoe langer hoe groter bouwen. De Atheners hadden in hoofdzaak triëren (dus met drie rijen), maar bv. in 325 v. Chr. hadden ze behalve 360 triëren ook nog 43 tetreren (4) en 7 penteren (5). De Romeinen en de Carthagers gebruikten meestal penteren. Later gingen sommige vorsten zelfs tot schepen met 16 rijen over. Er zijn berichten aangaande een oktere (8), die

130 m lang was en waarop 1600 roeiers zaten en zelfs een tesserakontere (40), die 4000 roeiers had. Dit waren natuurlijk hoge uitzonderingen. De gewone triëre had 170 roeiers, maar slechts 20 matrozen, die de zeilen en de masten bedienden.

Intussen komt de vraag op, hoe het mogelijk was, dat men slag kon houden met riemen, die zozeer in lengte verschilden als die van de onderste en die van de bovenste rij en hoe deze laatste eigenlijk nog enige kracht konden bijzetten, daar de boog, die het blad van de riem moest doorlopen zoveel groter was. De lengte van de riemen der drie onderste rijen heeft men berekend op 2 m, 2,60 m en 3,90 m. De riemen van de bovenste (39e) rij van de tesserakontere (40), waarover we zoëven spraken, waren 17,15 m lang. Om deze hanteerbaar te maken waren de riemen bij het handvat opgevuld met lood. Maar we moeten bedenken, dat dit schip een uitzondering was. De Romeinen hadden in het algemeen langere riemen, nl. van 4,75 m. Dat moest wel, want om de zeewaardigheid van de schepen groter te maken, waren de openingen, waardoor de riemen naar buiten gebracht werden, veel hoger aangebracht. Over de vraag hoe het roeien in zijn werk ging, hebben de geleerden veel discussies gevoerd. Maar het zal wel zo geweest zijn, dat de lagere rijen der roeiers slag moesten houden met de hoger gezetenen, zodat zij, hoe lager ze zaten, telkens een des te langere rustpauze in acht moesten nemen. Want het kwam er op aan, dat de riemen tegelijk door het water getrokken werden. Het is duidelijk, dat een grote training nodig was. Men roeide op de maat van fluitspel of op het ritmisch gegeven commando van een daartoe aangewezen scheepsofficier. Hij zat aan de achterzijde van het schip, zodat de roeiers hem konden zien en hij had een stok in de hand, waarmee hij de maat sloeg.

Het *zeil* dat uit een aantal vierkante lappen was saamgenaaid, hing aan een ra, die met touwen aan de top van de mast was opgehangen. Aan de onderzijde werd het met schoten bediend. Bij te sterke wind werd het opgebonden, soms zelfs, vooral als het schip in de haven lag, tot de ra toe. Die werd echter ook dan weer tot in de top gehesen. Vooral de Romeinen hebben het zeiloppervlak vergroot. Ze kenden een fokkemast met een fokzeil en ook twee kleinere driehoekige zeilen, die zich bevonden tussen de masttop en de beide helften van de ra. Op de takelage van het schip gaan we niet in, maar wel moeten we nog wijzen op het *roer* of liever de roeren, want er waren er twee. Het roer bevond zich niet, zoals thans, aan de achterkant van het schip, maar het stak van de achterhelft terzijde

door een opening naar buiten. Het geleek in zekere zin op een roeiriem. Aan het einde van een steel was een blad aangebracht zo, dat de steel daarvan de middenrib vormde. Aan de buitenzijde van het schip hing de roerspaan in een ring of strop. Aan de andere, dus de binnenboordse zijde van de steel was, loodrecht daarop een handvat aangebracht. Daarmee kon de stuurman desgewenst het blad horizontaal draaien, zodat het roer buiten werking was of verticaal zodat het roer als zodanig fungeerde. Was er bij kleine schepen slechts één roer, dan bevond zich dat aan de rechter- (dus vandaar de stuurboord-) zijde. Een zeer groot schip als de bovengenoemde tesserakontere had zelfs vier roerspanen, twee aan de voorzijde en twee aan de achterzijde. Dan waren er vier stuurlieden, normaal echter slechts twee. Bij dit grote schip waren de roeren niet minder dan 13,8 m lang. Het is duidelijk dat de stuurlieden, evenals trouwens zij, die een kleiner roer te bedienen hadden, het roer niet alleen met de hand konden bedienen vanwege de grote weerstand van het water. Ze hebben het zeker met een touw kunnen aanhalen, vieren en vastzetten.

We hebben gepoogd een algemene en niet in bijzonderheden afdalende tekening te geven van de constructie der antieke schepen. Wellicht is bij de lezer de vraag opgekomen, hoe snel deze schepen konden varen. Er is daarover wel het een en ander bekend, maar het is jammer, dat we niet kunnen vaststellen of het gaat over roei- of zeilschepen. We hebben o.a. een mededeling uit ± 450 v Chr. en een uit 400 n. Chr. Beide komen tot de conclusie dat een schip bij gunstige wind per dag 70 zeemijlen kan afleggen, een snelzeiler zelfs 90. Gemiddeld bedroeg de snelheid dus 7,5—11 km per uur, want hier is natuurlijk alleen met daguren gerekend. Er zijn nog snellere vaarten gemeld zelfs tot 15,3 km per uur toe. Wanneer we bedenken, dat ongeveer honderd jaar geleden de snelste poststoomschepen gemiddeld 14 zeemijlen, dat is bijna 26 km per uur aflegden, maar op langere vaarten slechts 11 zeemijlen, dat is ruim 20 km, dan komt de antieke scheepvaart zonder stoommachines er niet zo kwaad af.

De schippers der oudheid hadden natuurlijk ook punten nodig, waarnaar zij hun koers konden richten, des te meer daar zij het kompas nog niet hadden. Kleine schepen voeren het liefst langs de kust en alleen overdag. Maar de grotere, die naar andere landen gingen, konden dat niet. 's Nachts hadden zij de sterren, die hun enigszins de weg konden wijzen, overdag ook de bergen en kapen. Maar de latere oudheid had ook vuurtorens

tot haar beschikking. Reeds vanouds waren er op vele kusten torens gebouwd, die overdag de weg wezen, maar sinds de eerste eeuw n. Chr. werden zij werkelijke *vuurtorens*. De oudste en meest bekende is de toren bij Alexandrië op het eiland Pharos, waaraan hij zijn naam ontleende. Deze leeft nog voort in het Franse woord voor vuurtoren *phare*. Hij was oorspronkelijk nog zonder vuur, dus alleen een teken voor overdag. Hij werd gebouwd ± 280 v. Chr. als een der zeven wereldwonderen door de architect Sostratos van Knidos in opdracht van koning Ptolemaios II. De bouw duurde 20 jaar en kostte 2.100.000 gulden. De uit kalksteen en wit marmer gebouwde toren had een vierhoekige onderbouw, daarop een achthoekige middenbouw en een ronde bovenbouw. Deze droeg een holle spiegel, die het licht ver zichtbaar maakte. De toren was dan ook 120 m hoog. Toen er later vuur op gebrand werd, was het licht 30 zeemijlen ver zichtbaar, dat is dus meer dan 55 km. Het brandmateriaal kon door een vierkante koker in de toren opgehesen worden. Om de koker heen was een zacht oplopend pad gebouwd, waardoor men gemakkelijk de top kon bereiken. In de 14e eeuw stortte de toren (die ook al reeds eerder bouwvallig geworden was door een aardbeving in, de overblijfselen werden tot een fort verbouwd. De bouworde van deze toren leeft nog voort in de vele kerktorens, die op een vierhoekige onderbouw een achthoekige bovenbouw dragen, waarschijnlijk wel zonder dat hun bouwmeesters er zich van bewust zijn, dat deze oude vuurtoren het prototype van hun werken geweest is.

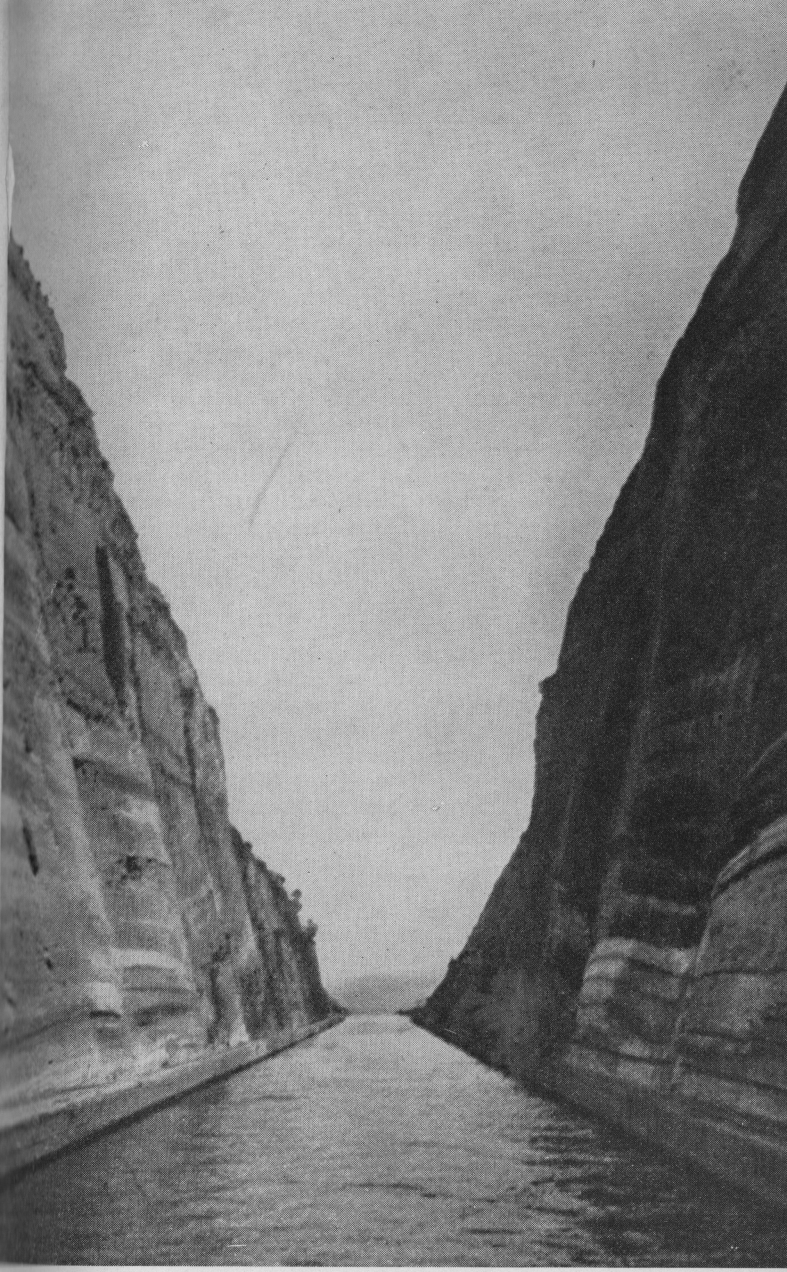
Op de pharos van Alexandrië brandde het vuur in een lantaren; waarschijnlijk werd een soort aardolie gestookt. Vele andere torens waren door een platform afgesloten, waarop binnen een stenen muur het vuur brandde. Er zijn verscheidene torens bekend geweest. De vuurtoren van Ostia, die in 42 n. Chr. gebouwd is, staat nog steeds overeind. Ja er is zelfs nog een vuurtoren te La Coruña in Spanje, die ± 100 n. Chr. onder keizer Trajanus (98—117) gebouwd is en die sindsdien onafgebroken in bedrijf is geweest, al is hij vaak gerestaureerd en al is het open vuur door een meer moderne installatie vervangen. Maar al bijna 19 eeuwen heeft hij de zeelieden onafgebroken de weg gewezen. Als hun voorlopers hadden de vuurtorens in zekere zin de vuurzuilen, die de ingang van een haven markeerden. Reeds in de 5e eeuw v. Chr. kon de schipper, die de haven van Peiraieus wilde binnenvaren, koers zetten op zuilen van 10 m hoog en 1,65 breed, die de route voor het binnenvaren aangaven en die 's nacht op hun Jonische kapiteel open

vuren droegen.

Wanneer we aan de scheepvaart denken, komen ons ook de *kanalen* in gedachte. Binnenkanalen heeft de oudheid vele gekend. Denk slechts aan het kanaal, dat door de Pontijnse moerassen werd gegraven en waarover we reeds eerder spraken. Zelfs in ons land hebben we nog resten van een Romeins kanaal. Het werd gegraven door Corbulo en verbond de Rijn bij Leiden met de mond van de Maas in de buurt van Terheide. Waar het nog bestaat heet het de Vliet. Nog vele andere kanalen zouden genoemd kunnen worden, maar we zullen ons beperken tot drie grote werken.

Wie zou menen, dat eerst na de opening van het Suezkanaal in 1869 de 171 km lange afstand, die de Middellandse zee scheidt van de Rode zee, per schip kon worden afgelegd, zou zich vergissen. Reeds de Egyptische Pharao Necho (609—593 v. Chr.) begon de doorgraving van dit gebied in grote stijl. Maar toen reeds 120.000 mensen door de gloeiende hitte bij het werk omgekomen waren, staakte hij het. Eerst aan de Perzische koning Dareios I (521— 486 v. Chr.), die ook Egypte beheerst heeft, is het gelukt het kanaal te voltooien. Aan de oever werden gedenkstenen opgericht, waarvan nog resten over zijn. Trouwens sporen van het oorspronkelijke kanaal zijn ook nog aanwezig. Daaruit kan men opmaken, dat het 45 m breed en 5,5 m diep was. De tamelijk steile oeverwanden waren met steenblokken beschoeid. De lengte was 180 km zonder bochten, door de bochten in feite nog meer. De vaart door het kanaal duurde vier dagen. Later werd het herhaaldelijk hersteld en verbeterd, door de Ptolemaeën en ook nog onder keizer Trajanus. De Arabieren in de Middeleeuwen waren echter niet meer in staat het kanaal te onderhouden en zo is het, na meer dan 1200 jaar in gebruik te zijn geweest, in verval geraakt. Het nieuwe kanaal is korter (171 km), twee tot driemaal zo breed (± 120 m) en tegenwoordig 12—13 m diep. Maar het staat hierin ten achter bij het oude, dat het geen stenen beschoeiing heeft, waardoor de vaarsnelheid slechts 10 km per uur kan zijn.

Een ander kanaal, dat er nu niet meer is, maar ongetwijfeld bestaan heeft, werd gegraven op last van koning Xerxes van Perzië, en dat niet om handelsredenen maar uit strategische overweging. In de oorlog van Darios tegen de Grieken had de zwager van Xerxes, Mardonios in 492 v. Chr. het grootste deel van zijn vloot verloren, toen deze het voorgebergte Athos omvoer. Dat was voor schepen een zeer gevaarlijk punt en toen Xerxes in 480 v. Chr. weer een tocht tegen de Grieken ondernam,



Het kanaal van Korinthe (bladz. 90)

wilde hij dit gevaar vermijden. De Athos ligt op een schiereiland, dat met een strook land van ongeveer twee kilometer breedte met het vaste land van Chalkidike verbonden is. Door die strook nu liet Xerxes een kanaal graven. Herodotos geeft daarvan een beschrijving. Twee Perzische technici hadden de leiding van het werk, Bourbares en Artachaies. De bewoners van enige stadjes op het schiereiland, die, zo zegt Herodotos: „Xerxes van vasteland- tot eilandbewoners ging maken", werden gerequireerd en zij gingen aan het werk langs de kaarsrechte lijn, waar het kanaal moest komen. Ook Phoeniciërs, die in het leger waren, werkten mee. Hoeveel beter dezen technisch ontwikkeld waren blijkt uit het verhaal van Herodotos, dat we hier letterlijk weergeven: „Degenen, die onderaan stonden, groeven en anderen gaven de uitgegraven aarde door aan anderen, die boven hen op ladders stonden, en die weer aan anderen, totdat ze de bovensten bereikt hadden en die droegen de aarde weg en stortten ze terzijde. Maar allen, behalve Phoeniciërs, hadden dubbele moeite doordat de wanden afbrokkelden, want daar ze de breedte aan de bovenkant even groot namen als aan de onderkant, kon het niet anders dan dat dit geschiedde. Maar de Phoeniciërs, die van hun technisch inzicht ook bij andere werken blijk geven, deden dat ook bij dit werk. Want het hun toegewezen deel groeven zij zo, dat ze de breedte van het kanaal aan de bovenkant twee maal zo groot maakten als het kanaal moest worden, en naarmate het werk vorderde versmalden zij het, en zo ging dat door tot beneden toe en daar was het kanaal even breed als het deel, dat de anderen bewerkt hadden." Herodotos meent, dat Xerxes dit kanaal liet graven uit hoogmoed, om te laten zien wat hij kon en een herinnering aan zich na te laten, want, zo zegt de practische Griek, met veel minder moeite had hij zijn schepen over de landengte kunnen laten slepen. Het kanaal was zo breed, dat twee triëren naast elkaar er in konden varen. Hoewel ook veel andere oude schrijvers over dit kanaal spreken, hebben de geleerden lange tijd Herodotos' verhaal niet geloofd. Maar dat het waar geweest moet zijn, heeft de natuur doen zien. Want in het vroege voorjaar kan men duidelijk een strook groene planten zien op de plaats waar het geweest moet zijn. Het is natuurlijk geheel dichtgevallen, maar de eens omgewoelde aarde is blijkbaar vruchtbaarder dan de omgeving. Bovendien heeft men er 300 gouden Perzische munten gevonden.

Het slepen van schepen over het land, waarover Herodotos sprak, had inderdaad plaats over de Isthmos, de landengte, die

de Peloponnesos verbindt met midden-Griekenland. Wie van de Korinthische naar de Saronische golf wilde, had de keus: hij kon òf de 185 km lange, gevaarlijke rondvaart om de Peloponnesos maken, òf hij moest zijn schepen uitladen, de vracht over de landengte vervoeren en daar weer in andere schepen laden, òf hij kon de schepen over land over een afstand van meer dan zes km laten slepen. Reeds van ouds was daarvoor een soort baan aangelegd, waarlangs de schepen, waarschijnlijk op een soort van slede overgebracht konden worden. Nog in 881 n. Ch. werden oorlogsschepen aldus getransporteerd. Maar ze moesten niet al te groot zijn, want dan ging het niet. Daarom is men reeds vroeg begonnen met het plan om een kanaal te graven. Al in 600 v. Chr. heeft de tyran Periandros een plan gemaakt. In 300 v. Chr. wilde Demetrios Poliorketes opnieuw een plan maken, maar hij liet het varen, toen zijn architecten betoogden, dat het water in de Korintische golf hoger stond dan in de Saronische golf. En zo is men aan het plannenmaken gebleven, totdat eindelijk keizer Nero tot de uitvoering overging. Het waren knappe ingenieurs, die het werk ontwierpen, dat blijkt uit het feit dat de moderne technici, die van 1881—1893 het moderne kanaal tot stand brachten, precies het tracee van het ontwerp van Nero moesten volgen. De ingenieurs van Nero gingen als volgt te werk. Ze begonnen aan beide zijden een 40—50 m breed kanaal te graven. Van de westzijde kwamen ze tot ongeveer 2 km. Daarbij moesten ze lagen van 10 m hoge tufsteen doorbreken. Aan de oostzijde kwamen ze 1 km. Ze bleven boven het niveau van de zee, maar de wanden van het gegraven gedeelte waren 30 m hoog. Als ze verder gegaan waren zouden ze door een hoogte van 79 m rotsbodem hebben moeten doorbreken. In het midden groef men in de rots twee rijen van schachten tot een diepte van 30—40 m. Nero had, zoals later Mussolini ook placht te doen, de eerste steek met de spade gedaan, maar het eind van het werk heeft hij nooit gezien. Want opstanden in het westen van het rijk hadden zijn aandacht meer nodig en het werk is blijven liggen. Eerst in 1881 is het weer ter hand genomen en men trof toen overal de sporen van de vroegere werkzaamheden nog aan. Door het nieuwe kanaal zijn die nagenoeg geheel verdwenen. Dit is 6343 m lang, aan de bodem 21, aan de waterspiegel 25 m breed, 8 m diep en ligt op sommige plaatsen 79 m beneden het omringende landoppervlak. Het is voor het scheepsverkeer een belangrijk kanaal, maar natuurlijk lang niet meer zo belangrijk als het in de oudheid geweest zou zijn.

VII

MILITAIRE TECHNIEK

In de tijd, waarin de schrijver van dit boekje het vaderland mocht dienen bij de toen zogenaamde vesting-artillerie (het was vóór en in het begin van de eerste wereldoorlog), speelde de techniek in het leger nog niet zo'n grote rol als thans. Het was alles nog ouderwets, er waren nog termen in gebruik uit de tijd van prins Maurits; de vestingbouw en de batterijbouw steunden eigenlijk nog op de beginselen van Menno van Coehoorn. Maurits had zijn licht opgestoken bij de schrijvers der oudheid en het zou interessant zijn na te gaan, welke antieke elementen tot zelfs in ons leger van vijftig jaren geleden voortleefden. Terwijl het in de moderne legers een en al techniek is wat de klok slaat, was dat vóór de eerste wereldoorlog niet het geval. Maar twee wapenen werden toch in het bijzonder de technische wapenen genoemd, namelijk de genie en de artillerie. Die waren ook voor de oorlogvoering in de oudheid van groot belang. En daarom zullen we in dit hoofdstuk daarvan een en ander vertellen, maar lang niet alles, want dat zou dikke boeken vergen. We kiezen alleen de belangrijke dingen uit. Daarbij zullen we meer over de Romeinen spreken dan over de Grieken, maar we moeten bedenken dat de Romeinen de leerlingen geweest zijn van de Grieken. De legermacht van de Romeinen was nu eenmaal een geweldig groot en goed georganiseerd geheel en daarvan is zeer veel bekend.

In de oudste tijden van het Romeinse leger waren de technische militairen afzonderlijk georganiseerd. Per legioen was er een centurie (honderdmanschap) van houtbewerkers, timmerlieden dus en een van metaalbewerkers, dus smeden. Zij waren niet bewapend. Maar later in de grote legers, die de wereld veroverd hebben, vormden de technisch ontwikkelden geen afzonderlijke groep. In het opwerpen van schansen, graven van grachten enz. waren alle soldaten geoefend. Maar bij de lichting werd wel genoteerd welk beroep men uitoefende, dus in gevallen, waarin het nodig was, konden de timmerlieden en de smeden en andere specialisten uit de troep worden aangewezen. Onder de officieren waren natuurlijk ook technici en één van hen droeg, hoewel er geen genie-afdeling was, nog de titel van *praefectus fabrum* d.i. commandant van de genie. En zij hebben, zoals blijken zal, technisch prachtig werk verricht. Omstreeks

400 n. Chr., dus vrij laat, schreef Vegetius een militair handboek en daarin lezen we: „Een legioen heeft verder timmerlieden, metselaars, wagenmakers, smeden, schilders en andere vaklieden om de gebouwen van de winterkwartieren te maken, en de belegeringswerken, de houten torens en al het andere, waardoor de steden der tegenstanders veroverd worden of de eigene verdedigd, en die er toe uitgerust zijn om de wapens, de voertuigen en de verschillende vormen van geschut e.d. òf nieuw te maken òf wanneer ze beschadigd zijn te herstellen." Zo zien we, dat ook wanneer het legioen in verre barbaarse landen opereerde, het toch de deskundigen ter beschikking had, die nodig waren. Dat dezen, behalve hun vakmanschap, ook de nodige werktuigen in de bagage van het legioen meenamen, is duidelijk. We mogen daaraan wel eens denken, wanneer we lezen: dit of dat legioen of deze legioenen trokken van Rome naar dit of dat land. En dat is dan soms een land, dat 2000 km van Rome aflag. Wat moet er gezwoegd zijn op al die wegen, niet alleen met de eigen bewapening, maar ook met alles wat een leger als bagage mee te nemen heeft. De soldaten zelf droegen behalve hun wapens koren of brood, eetgerei, schanspalen, zagen, spaden, bijlen, touwen, sikkels, manden, tot een gewicht van 20 kg. De zware bagage, tenten, handmolens, proviand, reserve wapens e.d. werden door lastdieren en op wagens vervoerd.

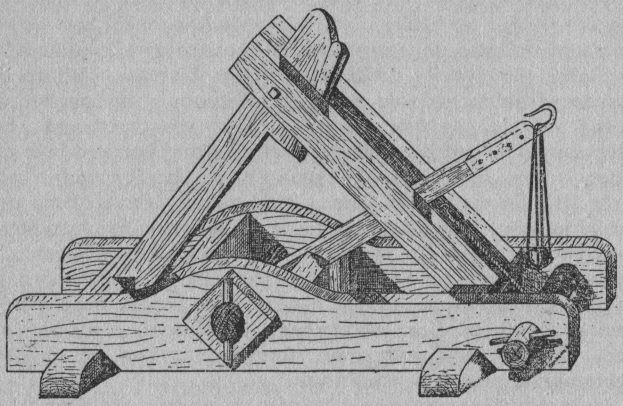
Maar we spreken thans niet over Romeinse legers op mars, het is ons om het technische werk te doen. De Romeinen hebben vele grote vaste *legerplaatsen* opgericht, die door de landmeters nauwkeurig waren uitgezet. Zij waren natuurlijk goed en naar een vast plan ingericht. Daarop gaan we niet in, maar we vestigen de aandacht er op, dat een leger op mars ook iedere avond een legerplaats opsloeg. Er waren dan geen beroepslandmeters aanwezig, maar sommigen der centurionen waren bekwaam genoeg om het kamp uit te zetten. Het had altijd vier poorten, d.w.z. uitgangen en was steeds met een wal en een gracht omringd. Die waren niet zo groot, de wal was ongeveer 2,50 breed en 2—4 m hoog. De gracht was 1,50—4 m breed en 1—3 m diep. Dit lijken ons geringe afmetingen, maar we moeten bedenken, welk een hindernis zulk een gracht was in het gevecht man tegen man. Bovendien was ongeveer 20 m vóór de poort nog een kleine gracht met wal. De hoeken van de wal waren afgerond en bij de poorten en in de hoeken waren geschutsstanden aangebracht. Het meegebrachte geschut vond daar zijn plaats. Wanneer dit alles slechts voor één nacht diende, werd het natuurlijk niet in de puntjes afgewerkt. Werd de leger-

plaats voor langer gebouwd, dan waren de wallen aan de buitenzijde versterkt door schanspalen, die wel behoorlijk verankerd zullen zijn geweest. Moest het een vaste legerplaats worden, dan werd de wal uit steen gebouwd en dan waren de poorten van torens voorzien. Wanneer we bedenken, dat de soldaten er in geoefend waren de wal op te werpen zonder dat ze hun wapens mochten afleggen, dan weet ieder, die in het begin van deze eeuw wel eens meegewerkt heeft aan het inrichten van een batterij, wat dat betekent.

We hebben zoëven het woord *geschut* gebruikt en daarover moeten we het nu hebben, want de oude kanonnen, hoe anders van aard ook dan de tegenwoordige, getuigen van de technische prestaties der antieke artillerie. We zijn daarvan beter op de hoogte gekomen sinds de verschillende soorten van geschut op grond van de gegevens uit de oudheid gereconstrueerd zijn. Men kan er nu zelf proeven mee nemen. Ruim honderd jaar geleden is men daarmee reeds begonnen, o.a. heeft keizer Napoleon III, die een groot kenner was van de geschiedenis der artillerie, door uitnemende bestudering der oude bronnen sterk meegewerkt. Eindelijk wist in het begin van deze eeuw de overste der artillerie Schramm te Metz de oude kanonnen te doen herleven. Hij hield zich hierbij strikt aan de oude schrijvers en gebruikte alleen werktuigen, die men ook in de oudheid had. Van de gereconstrueerde werptuigen zullen we de drie belangrijkste pogen te beschrijven.

De eenvoudigste werpmachine was de *onager*. Dit woord betekent eigenlijk: wilde ezel. Deze ezel schijnt met zijn achterpoten achteruitslaand stukken steen op zijn achtervolgers af te vuren en daarnaar heeft de militaire onager zijn naam gekregen. Want ook hij werpt stenen. Zijn onderstuk moeten we ons voorstellen als een op wielen rijdende slede met twee balken als zijwanden. Vooraan was daarin opgericht een met een hoek van 45 graden naar achter hellende stevige balk, die boven aan versterkt was met een stevig stootkussen. Deze balk werd door twee aan het achterstuk van de slede verbonden balken stevig vastgehouden. De grote voorbalk en de twee andere vormden dus met de slee een driehoek met een tophoek van 90 graden. In het midden van de twee horizontale balken, die de zijwanden vormden, waren openingen aangebracht, waarin een bundel sterke pezen rechts en links stevig was bevestigd. Door het midden van deze bundel stak een paal zo dat hij vanwege de spanning der pezen slechts met de grootste kracht achterovergebogen kon worden. Aan de bovenzijde van deze

paal was een kabel bevestigd, die men aan de achterzijde van de slee met een windas naar believen kon spannen. Daardoor werd de paal tegen de remmende werking van de pezenbundel in naar beneden getrokken, zodat een sterke spanning in de bundel ontstond. Aan de top van deze paal hing aan enige touwen een stuk leer, waarin men de af te schieten kogel kon leggen. Was de hoogste spanning bereikt, dan kon de geschutscommandant door een klap met de hamer de pin los slaan, die de spanning vasthield. Dan vloog de achterovergebogen paal met

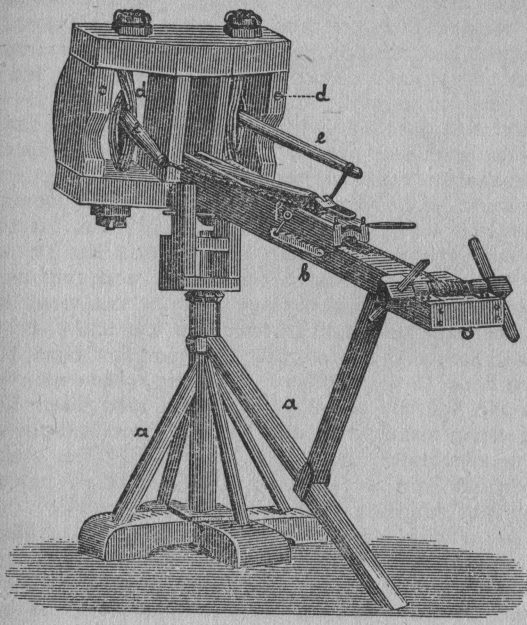


Onager

een geweldige klap naar voren tegen het stootblok aan. Het gevolg was dat de kogel naar boven over het toestel heen en verder naar voren vloog. Een kogel van vier pond kan zo 350 m geschoten worden. Men moet over de kracht van dit stuk geschut en van de stukken, die straks besproken worden, niet gering denken. Er is berekend dat de begindruk, die de gespannen pezen bewerkten, niet minder was dan 60.000 kg.

Tot de oudste schietwerktuigen behoort natuurlijk de *boog*, waarmee men door de pees te spannen pijlen kon afschieten. Het systeem volgens hetwelk de boog werkte, was steeds verbeterd; men kon de pijl in een groeve leggen en de boog spannen, niet meer met de hand, maar door een machinale inrichting. Ook kwam men er toe hem op een voetstuk te plaatsen, hetgeen natuurlijk het zuivere richten bevorderde. Omstreeks 400 v. Chr. heeft men van dit principe – een boog op een voetstuk, die machinaal gespannen werd – gebruik gemaakt tot het con-

strueren van een werptuig, dat een groter projectiel met meer kracht kon afsturen en dat nog nauwkeuriger gericht kon worden. Zo ontstond de *katapult,* waarmee zware pijlen konden worden geschoten. We zouden tegenwoordig de katapult rekenen tot het lichte geschut en wel tot het vlakbaangeschut. Ze was als volgt gebouwd.



Katapult

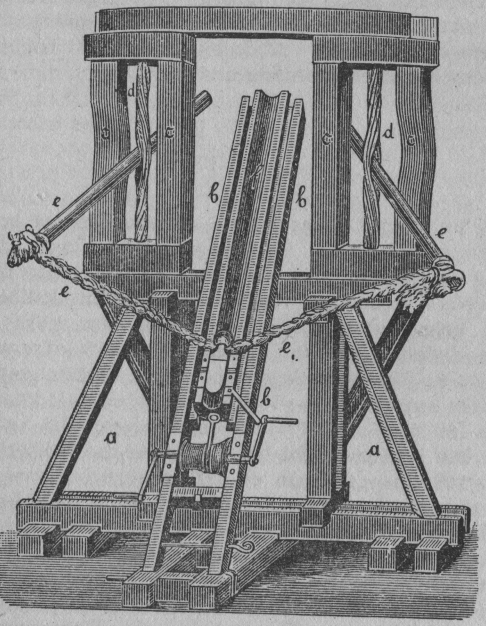
Op een stevige stander, die aan de achterzijde door een staartstuk werd gesteund, bevond zich een houten gestel, waarin tussen twee horizontale balkjes, die met een afstand tussen beide boven elkaar lagen, aan weerzijden een verticale bundel van pezen was bevestigd. Door ieder van die bundels stak een stevige arm en wel zo, dat de draaiing van de pezen, die armen naar buiten en voren drukten. Zij vormden als het ware de boog, maar met dit onderscheid, dat ze niet als de beide armen

van de boog aan elkaar tot een geheel waren verbonden, maar dat ze los van elkaar waren. Hun ene einde stak dus in de pezenbundels, en hun andere einden werden met elkaar verbonden door een stevige pees of kabel. Trok men aan het midden van die pees, dan werd dus de boog gespannen. Maar dat deed men niet met de hand, maar met een speciale inrichting. Tussen de beide spanbundels door was namelijk een richtgeul aangebracht die door positieve en negatieve zwaluwstaartverbinding voor- en achteruit kon schuiven op een legger. Aan die richtgeul kon men de boogpees vasthaken en daarna kon men haar met een zwengel achteruittrekken, zodat als het ware de boog gespannen werd. Dan legde men de pijl in de richtgeul. Het stuk was dan geladen. Maar men moest dan nog richten. De zijdelingse richting kon men aanbrengen door verschuiving van het staartstuk, waardoor het gehele werptuig verschoven werd. De hoogterichting kon men wijzigen doordat het hele bovenstel scharnierde op het onderstel. Was het toestel gericht, dan sloeg men met één klap de haak los. De armen sloegen dan naar voren, de boogpees voerde de pijl mee en deze suisde weg. Er werden pijlen gebruikt van verschillende kalibers, nl. van 0,60—1,40 m lengte en van 0,074—0,148 m doorsnede. Stel u zo'n projectiel eens voor van bijna 1½ m lengte en bijna 15 cm doorsnede. Proeven hebben uitgewezen, dat een pijl van 88 cm aldus afgevuurd niet alleen 370 m ver weg vloog, maar dat zij door een met ijzer beslagen schild van 3 cm dikte tot op haar helft heen boorde. Een man, die zich met zulk een schild dekte, zou dus zeker buiten gevecht gesteld zijn.

De *ballista* of *blijde* was in grote trekken evenzo ingericht als de katapult, maar ze was forser. Met haar wierp men in een grote boog stenen, soms zeer zware, ja zelfs balken. Dat deden b.v. de bewoners van Massilia (Marseille), die balken wegschoten van bijna vier meter lengte. De ballista moeten we met de onager rekenen tot het zware geschut en wel krombaangeschut. Zij was dus bijzonder geschikt om belegerde vestingen te bestoken, want haar kogels gingen met een grote boog over muren en wallen, ook over huizen heen. Het nadeel was dat men dan het doel niet kon zien en de moderne methoden om dan toch doel te treffen kende men nog niet. Maar brandpijlen en brandkogels, die men afschoot, deden ook ongezien hun werk en brachten in de stad de gehoopte vernielingen aan.

We gebruikten daareven het woord *kaliber* en dat doet mo-

dern aan. Het is ook niet antiek, want het komt van een Spaans woord, dat een Arabische oorsprong had. Bij een modern kanon is het kaliber de doorsnede van de binnenzijde, de „ziel" van het stuk. Bij het geschut van de oudheid kunnen we ook van een kaliber spreken, maar dan is het iets geheel anders,



Ballista of blijde

namelijk de doorsnede van de gaten in boven- en benedenbalk, waardoor de spanpezen gestoken werden. Het is duidelijk dat hoe forser deze waren, ze des te meer kracht konden zetten. Voor verschillende doeleinden had men groter of kleiner geschut nodig en bij de bouw rekende men daarmede nauwkeurig. Men bepaalde de afstand, waarop geschoten moest worden en de kracht, waarmee het projectiel moest aankomen en daarnaar richtte men het geschut in. Men liet dat niet op de ervaring aankomen, maar stelde algemene regels. Bijvoorbeeld bij geschut, dat alleen pijlen had af te schieten, was de doorsnede van de gaten voor de pezenbundels berekend op $^1/_9$ van de

lengte van de pijl. Het is duidelijk, dat naarmate die gaten groter of kleiner waren, de pezenbundel dikker of dunner werd en daardoor de te leveren spanning groter of kleiner. Voor geschut dat alleen stenen of ijzeren kogels had af te vuren, was de formule iets ingewikkelder. Men woog de kogel en drukte het gewicht uit in mina's; een mina is 436,6 gram. Het gevonden getal vermenigvuldigde men met 100; uit dit produkt trok men de derdemachtswortel en voegde bij de uitkomst nog $^1/_{10}$ deel toe. Of om het in een formule uit te drukken:

$$d = 1{,}1 \sqrt[3]{100\ m.}$$

Hierin betekent *d* de gevraagde doorsnede en *m* het aantal mina's dat de kogel woog. De doorsnede drukte men uit in daktylen; een daktylos was de breedte van een vinger (iets meer dan 1,9 cm). Naar verhouding van het zo gevonden „kaliber" werd dan het gehele stuk geschut gebouwd. Natuurlijk was dit alles een uitvinding van de Grieken. Bij Philon (over wie later) treffen we kaliberberekeningen aan voor stukken geschut, die pijlen afschoten van 0,60—1,40 m en kogels met een gewicht van 10—180 mina's, dat is dus ongeveer van 4,5 kg—79 kg. De lezer kan berekenen, dat het pijlgeschut een kaliber had van ongeveer 6,6 cm— 15,5 cm en het kogelgeschut van ruim 21 cm tot niet minder dan ruim 54 cm. Maar zo'n kogel van 79 kg was dan ook een knaap. Zulke zware stukken geschut zullen ongetwijfeld wel zeldzaam geweest zijn.

De antieke artillerie kende ook een *machinegeweer* uitgevonden door Dionysios van Alexandrië. In het kort gezegd komt de inrichting van deze antieke mitrailleur neer op het volgende. Het was een kleine katapult, maar de zwengel aan de achterkant bracht, wanneer hij gedraaid werd, een ketting zonder eind in beweging, die aan de voorzijde tussen de pezenbundels, zijn andere draaipunt vond. Werd dus de zwengel gedraaid dan liep de ketting onafgebroken over beide assen, de bovenzijde achterwaarts, de onderzijde voorwaarts. Nu waren aan de ketting op de juiste afstanden pallen aangebracht. Zulk een pal greep automatisch de pees en trok deze met de ketting mee naar achteren. Boven de richtgroef was een houder aangebracht gevuld met pijlen en wel zo, dat als een pijl verschoten was er automatisch een nieuwe viel op de richtgroef. Wanneer nu door de draaiende zwengel de pees voldoende gespannen was,

werd alweer automatisch de pal van de pees getrokken met het gevolg, dat deze naar voren schoot en de pijl afvuurde. De pijlen waren niet groot, ongeveer 44 cm. Het voordeel was, dat een bepaald punt onder onafgebroken vuur kon gehouden worden en wel door twee man, een die de zwengel draaide en een die de pijlenhouder aanvulde. Ook dit stuk is door Schramm gereconstrueerd en het bleek voortreffelijk te werken.

De Griekse ingenieur Ktesibios (3e eeuw v. Chr.) over wie we later nog spreken, heeft een werptuig ontworpen waarbij hij gebruik maakte van gecomprimeerde lucht. In cylinders bracht hij zuigers aan en richtte het alles zo in, dat die zuigers door de spanning van de pezenbundels ingedrukt werden. Bij de ontspanning drukte de lucht de zuigers met grote kracht naar buiten. Maar het schijnt dat deze uitvinding nooit in praktijk is gebracht. Wanneer men het echter goed beziet, blijkt Ktesibios het principe van het moderne geschut gevonden te hebben, dat toch ook door de ontzaglijke druk van gassen het projectiel naar buiten drijft.

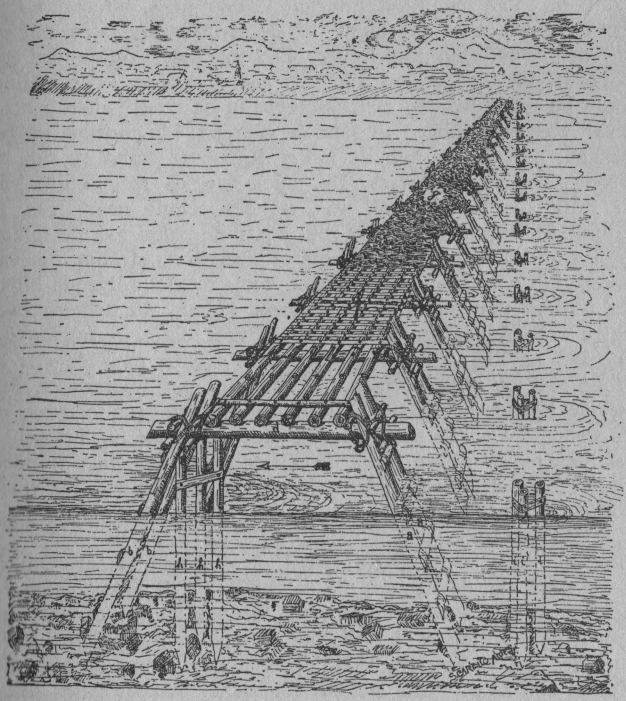
Over allerlei ander oorlogstuig, dat de oude technici maakten, zoals rijdende schutdaken, stormrammen e.d. spreken we nu niet, evenmin over de grote naderings- en aanvalswerken, die vooral de Romeinen vaak hebben aangelegd, en over de geweldige muren, torens en andere verdedigingswerken, die sommige steden hadden om de vijand buiten te houden. Eén voorval mag echter niet onvermeld blijven, omdat daaruit blijkt wat de antieke genie vermocht. In 304 v. Chr. belegerde Demetrios de stad Rhodos en deed daarvoor allerlei machines maken. Hij was van plan de muur te ondergraven, maar de belegerden kwamen daar achter en groeven zelf mijngangen, waardoor ze op de gangen van de belegeraars stuitten en hun pogingen verijdelden. Toen de aanvalswerktuigen klaar waren, werden die gericht op een gedeelte van de muur van 700 m waarop zeven torens stonden. Het pronkstuk van de oorlogsmachines was een toren, die door de aanvallers naar de muur werd gereden en die de naam droeg Helepolis, d.i. „Stadsveroveraar'. Deze toren was 42 m hoog en had 9 verdiepingen. Op al die verdiepingen was hij bezet met geschut van groot kaliber, dat bediend werd door 3400 manschappen. Rechts en links van de toren stonden vier schutdaken, die met het achterterrein verbinding hadden door rijdende schutdaken, zodat de manschappen zonder gevaar konden worden afgelost. Op elk van de vleugels bevond zich een stormram van 53 m lang. Ook die rammen werden door daken beschermd. Zij werden bediend door ongeveer 1000 man. We

geven hier niet het verhaal van de belegering, maar het interesseert ons toch wel, dat de Rhodiërs kans zagen de Helepolis te bestoken met meer dan 800 brandpijlen en 1500 andere schoten. De toren geraakte in brand en kon met moeite behouden worden. Hij werd teruggevoerd van de muur en slechts met grote inspanning hersteld. Na een jaar moest Demetrios de belegering opgeven. Er hebben in de oudheid vele belegeringen plaats gevonden, die uit technisch oogpunt bezien belangrijk zijn, b.v. de belegering van de Gallische stad Alesia door Caesar in 52 v. Chr. Maar we wenden ons nu tot het bouwen van bruggen.

Talloze malen waren legers in de oudheid gedwongen rivieren over te steken. Als we daarover denken, moeten we onze Hollandse voorstelling van een rivier ter zijde stellen. In het algemeen zijn de rivieren in het Middellandse zeegebied anders. Soms zeer ondiep, soms zeer diep en ontstuimig na de regentijden. Het hing er dus wel van af in welke tijd van het jaar men overstak. Soms kon men er doorheenwaden, meermalen zelfs tot borsthoogte, maar wanneer dat niet mogelijk was, moesten de technici er aan te pas komen. Men stak over met aan elkander bevestigde kuipen, opgeblazen lederen zakken, vlotten en meer dergelijke middelen. Maar moest een heel leger naar de overzijde, dan gebruikte men liefst een brug. Was die er niet, dan maakte men haar. Van zulk een bruggenbouw zijn vele verhalen over. Waren er schepen bij de hand of kon men die aanvoeren, dan werd een schipbrug gebouwd. Beroemd zijn de schipbruggen, die Dareios over de Bosporos en Xerxes later over de Hellespont bouwden. Op het gebied van de *bruggenbouw* door legers is soms het ongelofelijke gepresteerd. We zullen volstaan met één voorbeeld, namelijk van de brug, die Julius Caesar over de Rijn bouwde. We kiezen dat, omdat vermoedelijk verscheidene lezers de Rijn in Duitsland kennen en zich dus gemakkelijker de betekenis van deze prestatie kunnen indenken. Bovendien hebben we het voordeel, dat Caesar zelf vrij nauwkeurig beschreven heeft, hoe hij de brug heeft laten bouwen.

Toen Caesar in 55 v. Chr. verschillende Germaanse volksstammen beoorloogde, besloot hij om verschillende redenen de Rijn over te steken. De stam der Ubiërs bood hem daartoe schepen aan, maar, zo zegt hij: „met schepen over te steken oordeelde hij" (hij spreekt steeds van zichzelf in de derde persoon) „niet voldoende veilig en ook meende hij, dat het niet in overeenstemming was met zijn eigen waardigheid en die van het

Romeinse volk". De trots, waarmee hij dit zegt, doet ons zien, dat hij volkomen kon vertrouwen op de bekwaamheid van zijn technici. Wel zag hij dat het niet gemakkelijk zou zijn een brug te bouwen „wegens de breedte en de diepte en de snelle stroom van de rivier".



De brug van Caesar

Caesar beschrijft de bouw van de brug in korte krachtige bewoordingen en wij zullen hem volgen, maar onze beschrijving zal iets wijdlopiger zijn ter wille van de duidelijkheid. In de eerste plaats werd een groot aantal palen (het zijn er, zoals we later zullen zien, zeker meer dan 160 geweest) van 1½ voet dikte, dus ruim 45 cm, aan de ene zijde aangepunt, zodat ze gemakkelijk in de rivierbodem konden gedreven worden. Ze

werden gekozen van verschillende lengte, want de rivier werd naar het midden toe dieper. Van die palen werden telkens twee door stevige klampen met elkaar verbonden met een tussenruimte van 2 voet. Van deze stellen palen werden telkens twee tegenover elkaar in de rivier geheid met een tussenruimte van 40 voet, want zo breed moest de brug worden (dus ongeveer 12,50 m). Van dat inheien vertelt Caesar niets, hij zegt alleen dat de palen met „machines" in de rivier neergelaten werden en met heiblokken ingedreven. Die machines zullen wel gekoppelde vlotten geweest zijn met een of andere hefinrichting. Maar de palen werden niet loodrecht in de rivierbodem geheid, maar voorovergebogen in schuine richting. Nu moeten we bedenken, dat Caesar aan de linker Rijnoever stond en dus de stroom van rechts kwam. De palen aan de rechterzijde van de brug, die in aanmaak was, stonden schuin naar links, ze kregen de stroom dus in de rug. Maar de palen aan de linkerzijde stonden schuin naar rechts en kregen de stroom dus van voren. Dit was zeer goed bedacht, zoals uit het volgende blijkt. Er werden namelijk op de bovenste klamp, die telkens twee palen verbond balken gelegd van 2 voet dikte, rechts op het ene stel en links op het andere. Deze balken moesten dus de vloer van de brug dragen. Ze werden aan weerszijden met stevige bouten bevestigd. Dus als de stroom druk oefende op de stroomopwaartse palen, werkte die druk mede om het gehele juk steviger te maken, want de stellen palen, die links stonden, waren tegen de stroomrichting in naar voren hellend. De vloerbalken pasten, omdat ze 2 voet dik waren, precies tussen de koppen van beide stellen palen, want de palen van ieder stel stonden, zoals reeds gezegd werd, 2 voet van elkaar. Om de grote druk van de stroom, die natuurlijk op de linker palen het hevigst was te kunnen opvangen, werden tegen het linkerstel van ieder juk nog in de schuinte steunpalen ingeheid en stevig met het stel verbonden. Vóór de rechterzijde van de brug liet Caesar een rij op korte afstand van elkaar staande palen heien, want hij wilde voorkomen dat de vijanden boomstammen of schepen door de stroom tegen de bruggepalen zouden laten voeren om die te beschadigen. De rij beschermende palen, die waarschijnlijk wel – maar Caesar zegt dat niet – telkens bij drie tegelijk in driehoekvorm gekoppeld zullen geweest zijn, verhinderde dat. Men heeft berekend dat Caesar meer dan 20 van die brugjukken nodig gehad heeft. Hoever ze van elkander kwamen, vermeldt hij niet. Op de dwarsbalken kwamen nu balken in de lengte te liggen en daarop weer dwarslatten. Op

deze werd vlechtwerk van rijshout gelegd en dat was dus het dek van de brug. Caesars beroemde Rijnbrug was dus een paalbrug met een 12,50 m breed dek van gevlochten rijshout. Het is bewonderenswaardig dat deze brug in tien dagen tijd gebouwd werd. En wat betekende dat onder meer? Laten we eerst zeggen, dat de plaats waar hij gelegen heeft, niet precies bekend is. Maar er zijn volgens sommigen redenen om aan te nemen, dat het was tussen Bonn en Koblenz, nader waarschijnlijk bij Neuwied. Wanneer dat ongeveer juist is, dan moeten er meer dan 20 jukken ingeheid zijn, dat wil dus zeggen minstens 80 palen; daarbij komen dan nog de 20 palen, die de brug tegen de stroom in versterkten en de verdedigende palen die stroomopwaarts stonden, waarschijnlijk in koppels van drie, telkens, dat zegt Caesar wel, met geringe tussenruimte, maar laten we het maar op 20 koppels houden, dat betekent dus, als onze veronderstelling juist is, 60 palen. We komen dan in het geheel op 160 palen, maar in werkelijkheid zullen het er wel meer geweest zijn. Die moesten alle aangepunt worden en in de snelstromende rivier op de juiste plaats en in de juiste richting ingeheid. De stellen moesten door de dwarsbalken tot jukken gemaakt worden en die balken moesten uitermate stevig worden aangebracht, want op hen drukte de hele last. De lengtebalken en de dwarslatten moesten alle op maat gezaagd en daarna stevig gelegd worden. De rijsmatten moesten worden gevlochten. Een oprit moest worden gemaakt en dat alles kwam in 10 dagen klaar. Daarna kon het leger er over trekken. Caesar verrichtte aan de overzijde de oorlogshandelingen, die hij nodig achtte, maar waarover wij hier niet behoeven te spreken en trok daarna over de brug terug. En toen liet hij deze weer afbreken. Achttien dagen had de brug er gelegen. Met een zekere trots zegt Caesar, dat er „genoeg bereikt was tot lof en nut van het Romeinse volk".

Toch moeten me niet menen, dat Caesars prestatie iets zeer buitengewoons geweest is. We weten van zeer veel bruggen, die door legers gebouwd zijn, maar geen enkele daarvan is zo nauwkeurig beschreven als deze. Twee jaar later, in 53 v. Chr. bouwde hij opnieuw een brug, een weinig meer stroomopwaarts, zo zegt hij, dan de vorige. De soldaten hadden toen reeds de nodige oefening en bouwden de brug „in weinige dagen". Deze brug liet hij later gedeeltelijk afbreken. Bij het deel, dat staan bleef, bouwde hij een verdedigingstoren van vier verdiepingen.

In alle tijden is het voor oorlogvoerenden van groot belang

geweest, dat ze elkaar berichten konden doen toekomen, ook al bevonden ze zich op grote afstand van elkaar. Het eenvoudigst was, dat men elkaar, als het mogelijk was, boden zond met berichten, die in code waren geschreven. Daarvan zijn verscheidene methoden bekend. Maar niet alleen gelukte deze *berichtgeving* niet altijd – denk b.v. aan belegerde steden – maar zij nam veel tijd in beslag. Vlugger en gemakkelijker werkte reeds de berichtgeving door middel van *postduiven*. Reeds in zeer oude tijden maakte men in Egypte daarvan gebruik. Het oudste bericht aangaande een postduif in Griekenland is uit het jaar 444 v. Chr. Toen nam Taurosthenes uit Aigina deel aan de Olympische spelen. Hij nam een duif mee naar Olympia en sprak af met zijn vader, dat hij door middel van deze vogel bericht zou zenden. Toen hij inderdaad overwon, bond hij een purperkleurig lapje aan het pootje van de duif en liet haar los De afstand van 160 km kan de duif gemakkelijk in 3 uren afgelegd hebben. Tegenwoordig kan een afgerichte duif 75 km per uur afleggen.

Men maakte ook wel gebruik van doeken of zoals wij het zouden noemen van vlaggen. Maar daarmee seinde men nog niet letters, maar alleen berichten, die men van te voren afgesproken had. B.v. in de slag bij Sellasia in Lakonië in het jaar 221 v. Chr. werd een doek gezwaaid als teken, dat een bepaalde heuvel moest worden aangevallen. Veel meer in zwang waren echter de *vuursignalen* 's nachts, *rooksignalen* overdag. Reeds Homeros spreekt daarvan (Il. XVIII, 210 e.v.). En Aischylos verhaalt in zijn in 458 v. Chr. opgevoerde tragedie Agamemnon, hoe het bericht van de val van Troje in één nacht Argos bereikte door middel van een lange reeks van vuursignalen, die van eiland op eiland en daarna op het vasteland van berg tot berg in het geheel over een afstand van 500 km werden overgeseind. Dit is wel fictie, maar het bewijst, dat Aischylos het gebruik van vuursignalen kende. Er zouden talloze voorbeelden van dit gebruik gegeven kunnen worden, maar dat is voor ons doel niet nodig. Een duidelijk gebrek van deze methode is natuurlijk hierin gelegen, dat men van te voren moest afspreken, wat een vuursignaal betekende. Van telegrafie is hierbij dus eigenlijk nog geen sprake. Hoewel de Grieken dit woord niet gekend hebben, is het toch een Grieks woord: vèrschrijverij. Van telegrafie kan men pas spreken, als letters overgeseind kunnen worden. Ook dat heeft men in de oudheid gekund. Maar eerst moeten we een vernuftige tussenvorm van berichtseinen bespreken, waardoor men althans een groter aantal berichten

kon doorgeven. We kennen deze methode uit een geschrift van Aineias, die omdat hij over militaire onderwerpen handboeken schreef, de bijnaam Taktikos gekregen heeft (4e eeuw v. Chr.). Dat geschrift is verloren gegaan, maar enige hoofdstukken over het seinwezen zijn door een andere auteur, nl. Polybios, overgenomen.

Deze *seinmethode* komt op het volgende neer. Men neemt twee volkomen gelijke aarden vaten, één voor de afzender en één voor de ontvanger van berichten. De diepte van die vaten bedraagt $1^1/_3$ m, de breedte 44 cm. Nu snijdt men voor ieder vat een stuk kurk zo, dat het iets kleiner is dan de opening van het vat. In die kurk bevestigt men een staaf, waarop op afstanden van 5½ cm lijnen ingesneden zijn; men krijgt dan 24 tussen die lijnen gelegen velden. Op ieder van die velden schrijft men een bericht van de soort, die in de oorlog vaak voorkomt, b.v. „ruiters hebben een inval gedaan" of „zware infanterie", of „lichtgewapenden", of „schepen", „proviand" enz. De staven moeten voor beide vaten precies eender ingericht zijn. De aarden vaten hebben van onder een afvoeropening van precies dezelfde doorsnede. Deze sluit men af, vult de vaten met water en zet de kurk, met de daar doorheen gestoken staaf er in. Deze zal dan aan het oppervlak blijven drijven. Wanneer nu ieder van beide partijen een zo ingericht vat heeft, gaat men als volgt te werk. Gebeurt er iets, of is er iets te melden, dat op een der 24 regels voorkomt, dan geeft men 's nachts een signaal met een fakkel. Heeft het andere station door opsteken van een fakkel te kennen gegeven, dat het gereed is het sein te ontvangen, dan laat het zendstation de fakkel neer en opent de opening onder aan het vat. Op datzelfde ogenblik doet het ontvangstation hetzelfde. Het water loopt uit beide vaten met dezelfde snelheid weg. Is nu de staaf zover gedaald, dat het bericht, waarop het aankomt, juist boven de rand van het vat is, dan steekt het zendstation de fakkel weer omhoog; dat betekent dus: opening toestoppen. Het ontvangstation kan dan het bericht boven de rand van het vat aflezen. Op deze wijze beschrijft Aineias deze seinmethode. Men ziet, ze is vernuftig gevonden. Maar zij had ook het bezwaar, dat slechts van te voren afgesproken teksten, of een combinatie daarvan konden worden overgeseind. Merkwaardig is het op te merken, dat degene, die deze methode van seinen uitgevonden heeft, bijna op het punt heeft gestaan de uitvinder van de telegrafie te worden. Want als hij inplaats van de afgesproken berichten op iedere

lijn een letter zou hebben geplaatst, zou hij ieder willekeurig bericht hebben kunnen overbrengen.

Toch kunnen we de uitvinders van de *telegrafie* met name noemen. Het waren de Alexandrijnse ingenieurs Kleoxenos en Demokleitos, hun methode is later door Polybios verbeterd. Volgens de beschrijving van Polybios komt ze op het volgende neer. Op beide stations zijn op een zekere afstand twee muren gebouwd ieder met vijf tinnen. De openingen van deze tinnen hebben van elkaar een afstand van twee voet. Die openingen zijn zo ingericht dat er een fakkel ingelegd kan worden. Beide stations hebben ieder vijf tabletten, die genummerd zijn en waarop $^1/_5$ deel van de letters vermeld staan. Het Griekse alfabet is anders dan het onze, maar laten we ter illustratie het onze maar gebruiken. We krijgen dan

tablet I a—e
tablet II f—j
tablet III k—o
tablet IV p—t
tablet V u—z

Wanneer we gemakshalve de y buiten beschouwing laten, staan dus op ieder tablet 5 letters. Wanneer men nu gaat telegraferen, wordt eerst met de fakkel het attentiesein gegeven. Als dat beantwoord is, kan men beginnen. Laten we het voorbeeld nemen, dat Polybios zelf noemt. Hij zegt: men moet de berichten zo kort mogelijk maken. Men moet niet willen seinen: „Van de soldaten zijn een aantal van ongeveer honderd weggegaan naar de tegenstanders", maar veel korter: „Honderd Kretenzen zijn gedeserteerd". In het Grieks worden de getallen door letters weergegeven, maar wij zullen het telegram maar in het Nederlands uitzenden. We beginnen dan met de *h*. Die staat op tablet II. We leggen dan in twee holten van de linker muur een fakkel. De ontvanger weet dan dat de letter, die geseind zal worden, op tablet II staat. De *h* is op dat tablet de derde letter, dus leggen we in drie holten van de rechter muur een fakkel. De ontvanger kan dan zo de *h* aflezen. En zo gaat het door met de volgende letters. Maar vlug gaat het niet; de lezer kan, als hij wil, berekenen, dat alleen voor het woord „honderd" 43 maal een fakkel gelegd moet worden. Daarom heeft men later, zoals begin 3e eeuw n. Chr. Julius Africanus bericht, het systeem vereenvoudigd. Men verdeelde het alfabet over drie tabletten; dus in groepen van 8; want het Griekse alfabet had 24 letters. Met drie fakkels kon men de tabellen aanwijzen. Voor het eerste legde men een fakkel links, voor het tweede in het mid-

den en voor het derde rechts. De hoeveelste letter van het tablet bedoeld was, gaf men aan door een fakkel één tot achtmaal omhoog te heffen. Dit ging alles natuurlijk heel wat vlugger. Voor het woord „honderd" zou men 11 maal een fakkel moeten leggen en 36 maal één omhoog heffen. Om de fakkels nauwkeurig waar te nemen gebruikte men een z.g. dioptra, d.i. een kijker (evenwel zonder glazen lenzen) met twee buizen; de ene was op de linker- en de andere op de rechtermuur gericht. Zo werd het gezichtsveld enger en daardoor kon men meer geconcentreerd kijken. Verrekijkers had men niet. Moest men over lange afstanden telegraferen, dan had men veel tussenstations nodig.

Eeuwen lang is men niet verder gekomen dan deze vuur- en soms overdag rooksignalen. Ook de ondergang van de onoverwinnelijke vloot in 1588 werd nog door vuursignalen gemeld. Hoewel men in de oudheid ook wel signalen gegeven heeft door de zon op een schild te laten flikkeren, was er van de tot in onze eeuw voortdurende heliografie nog geen sprake. In 1791 vond de Fransman Claude Chappe een optische telegrafeermethode uit, die werkte met aan een mast bevestigde zijarmen. Ze werd toegepast o.a. van Parijs naar Lille over 270 km met 22 tussenstations en ook elders. Een verbeterde methode gebruikte men voor een lijn van Berlijn naar Trier (750 km met 61 stations) die van 1832 tot 1849 in dienst geweest is. En wellicht herinnert menige lezer zich uit zijn militaire diensttijd nog het stelsel-Vreede, waarmee men met de armen berichten kan overbrengen. De schrijver van dit boekje heeft nog het genoegen gesmaakt 50 jaar geleden seinmasten te bedienen, die op vrij grote afstanden (van toren tot toren) berichten konden overbrengen. Maar daarbij was de prismakijker een grote steun. Noch die, noch een morse-stelsel heeft de oudheid gekend, om van de radio-telefonie maar te zwijgen.

VIII

VERSCHILLENDE TECHNISCHE VINDINGEN

In dit hoofdstuk zullen we ons niet houden bij één centraal onderwerp, maar allerlei merkwaardigheden van de antieke techniek behandelen. En dan beginnen we met enige hulpmiddelen, wier uitvinding en toepassing op zich zelf ook reeds getuigt van het technische vernuft van de ouden.

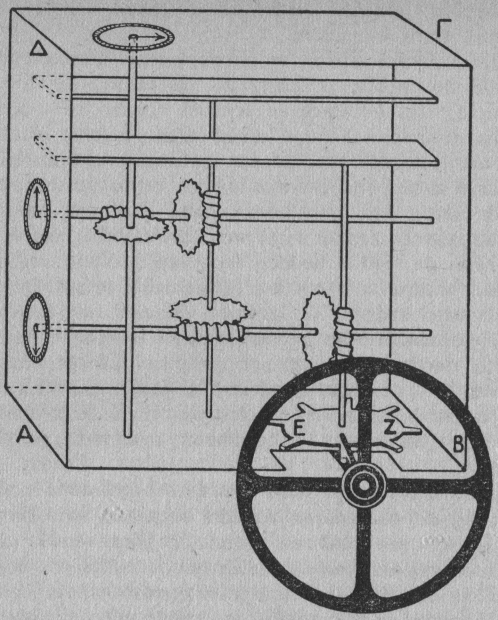
We beginnen met de *schroef*. Voor ons is dat een begrijpelijk ding en we maken er allen in het dagelijks leven kennis mee, al schroeven we maar een kleinigheid vast. Maar wanneer we even nadenken, moeten we toch wel vaststellen, dat het uitvinden van de schroefdraad een knap stuk technisch werk geweest is. Men had in de oudheid houten en bronzen schroeven, groot en klein, en gebruikte die voor allerlei doeleinden. Het meest in gebruik waren wellicht de grote houten schroeven, die men in de olie- en wijnpersen vond. Zij werkten op dezelfde wijze als onze schroeven in persmachines, denk b.v. aan de linnenpersen, die vroeger iedere huismoeder hanteerde.

Ons moet de vraag interesseren hoe men zo'n schroef maakte. Dat heeft Heron precies beschreven. Men deed het als volgt. Eerst draaide men de houten cilinder. Daarop tekende men de hoogte af van iedere schroefwinding, soms groter soms kleiner al naar gelang van het aantal windingen, dat men verlangde. Dan construeerde men een rechthoekige driehoek, waarvan de ene rechthoekszijde even lang was als de omtrek van de cilinder en de andere, de kleinere, even lang als de hoogte van de schroefwinding. Van dun koper maakte men verder een driehoek van deze afmetingen. Nu boog men deze koperen driehoek om de houten cilinder zo, dat de lange rechthoekszijde de cilinder precies horizontaal omgaf en dus een cirkel daaromheen vormde. De uiteinden van de driehoek verbond men aan elkaar. Langs de hypotenusa kon men nu een streep trekken, die men door de koperen driehoek telkens naar boven te schuiven kon voortzetten. En deze lijn gaf dan nauwkeurig de richting van de schroefdraad aan. Tussen de schuinoplopende lijnen moest dan de groef uitgehakt worden. De wiskundige Pappos (begin 4e eeuw) bracht nog een verbetering aan. Hij wees erop, dat men met dezelfde driehoek ook tussen de getrokken lijnen een

lijn kan trekken om het midden aan te geven van de groef, die spitsvormig werd uitgehakt.

Terwijl bij de olijf- en wijnpersen de schroef liep door een bovenbalk, waarin als het ware de moer was aangebracht, was het met de *schroef zonder eind* een ander geval; die draaide wel rond, maar bleef op haar plaats, want zij had tot taak een tandrad in werking te zetten. Hoe men een tandrad moest maken, dat bij een bepaalde schroef paste, beschrijft Heron ook nauwkeurig, maar dat laten we nu maar lopen. De schroef zonder eind werd tot allerlei doeleinden gebruikt. Zelfs de medici hadden haar nodig. Want er was een instrument, waarmee zij uit het lid geraakte ledematen weer in het lid konden krijgen. De schroef, die met een handvat kon gedraaid worden, werkte op een tandrad en aan de as van dat rad waren vier touwen bevestigd, die over blokken liepen, twee naar boven en twee naar beneden. Die werden aan de ledematen van de patiënt bevestigd en konden juist door de schroef en het tandrad kalm, millimeter bij millimeter, regelmatig worden aangetrokken.

Een praktisch gebruik werd van de schroef zonder eind ook gemaakt bij de *hodometer*, d.i. de *wegmeter* van Heron, het prototype van onze moderne taxameter. Deze werkte als volgt. Aan de naaf van een van de wielen van het rijtuig was een staafje aangebracht, dat bij iedere omwenteling van het wiel een staafje van een horizontale van staafjes voorziene schijf één slag verder draaide. Boven de schijf was aan haar as een schroef zonder eind, die een tandrad deed draaien. En dat zette zich met enige schroeven en raderen voort zo, dat de omwentelingen werden aangegeven door een buiten het apparaat uitstekende wijzer met wijzerplaat, die er uitzag als de wijzerplaatjes in onze gasmeter. Op de wijzerplaten kon men dan het aantal afgelegde mijlen aflezen, d.w.z. alweer precies als onze gasmeter: de laatste wijzer liep het langzaamst en die gaf dus de som der mijlen aan. Zo werden de wegen gemeten en als de dag om was, werden de wijzers weer op nul gedraaid, zoals onze taxichauffeur aan het eind van de rit ook doet. Op hetzelfde principe berustte ook een inrichting om te water de afgelegde afstand te meten. Een vliegwieltje, dat met zijn onderzijde in het water stak, werd bij het varen gedraaid door de druk van het water en bracht daardoor een schroef zonder eind in beweging, die op haar beurt weer tandraderen doet draaien. Ook dat kon men op wijzers aflezen. Maar zuiver zal het wel niet geweest zijn, want ook stromingen en golven werkten op het wieltje.



Herons Hodometer

De *waterschroef* door Archimedes uitgevonden, was een uitermate practisch instrument om water van beneden naar boven te transporteren. Zij was ingericht als volgt. Om een balk, die cilindervormig was gemaakt, werd een lijst van zeer buigzaam hout in een langzaam oplopende schroeflijn aangebracht. Alle naden werden zorgvuldig met pek toegestopt. Daaromheen werd van dunne en buigzame planken een omhulsel gemaakt, dat dus de schroef cilindervormig omsloot. Ook hiervan werden de naden met pek afgesloten en bovendien werden er ijzeren banden omgelegd. Aan de bovenzijde stak de balk een weinig boven de omhulling uit en daar waren door de balk heen spaken aangebracht, waarmee men het gehele apparaat kon ronddraaien. De onderzijde werd nu in het water gelegd en de bovenzijde op een balkengestel geplaatst onder een bepaalde hoek. Die hoek werd bepaald door de z.g. pythagoreïsche driehoek, d.w.z. een driehoek welks zijden zich verhouden als 3 : 4 : 5. Wij had-

den vroeger bij de artillerie een apparaat (wellicht wordt het nog gebruikt) om op de bodem een rechte hoek uit te zetten. We noemden dat de „3, 4 en 5 steek". Drie ringen waren verbonden door touwen, wier lengte de verhouding 3 : 4 : 5 had. Als we die touwen strekten, vertoonden ze een driehoek met de ringen als hoekpunten. Een van de hoeken was in overeenstemming met de stelling van Pythagoras een rechte hoek. Maar wij wisten niet, dat ook Heron de 3, 4 en 5 steek reeds gebruikte en dat hij die ontleend had aan de oude Egyptenaren, die hem hadden uitgevonden. Met een dergelijk apparaat kon men ook aan de waterschroef de juiste helling geven. Wanneer men de rechthoekszijde (4) op de bodem legde en de andere (3) oprichtte, gaf de zijde (5), de hypotenusa dus, de juiste helling aan. Als nu de waterschroef zo geplaatst was, met het ondereind in het water, dan vulde dat zich met water. Ging men draaien, dan ging dat water naar boven en vulde de schroef zich met een nieuwe voorraad. Tenslotte was het gehele apparaat gevuld en dan begon het water van boven uit te vloeien. Het is duidelijk dat als het toestel onder een hoek lag, het niet gemakkelijk was voor de arbeiders om aan de spaken te draaien. Het is dan ook wel bijna zeker, dat het door een systeem van tandraderen mogelijk gemaakt werd, dat men om een horizontale as kon draaien. Want het was nodig, dat dit krachtig en vlug geschiedde.

Voor het hijsen van grote gewichten gebruikte men in de oudheid, evenals wij het *takelblok*. De oude Egyptenaren en Babyloniërs schijnen dit nog niet gekend te hebben. Men vermoedt, dat de katrol uitgevonden is ten behoeve van de zeilschepen en dat men haar later ook op land is gaan gebruiken. Ze was reeds aan Aristoteles bekend, maar de meer ingewikkelde vorm is door Archimedes uitgevonden. We behoeven hierop niet nader in te gaan. Merkwaardig is, dat in Pompeii een kabel gevonden is, die uit draden van brons was gedraaid, de voorganger dus van onze staalkabel. Men kan zeggen, dat het takelblok, zoals de oudheid dat gebruikt heeft, tot het begin van de 19e eeuw dienst heeft gedaan; eerst toen zijn er verbeteringen aangebracht. Ongetwijfeld zijn ook katrollen gebruikt tot het ophijsen van liften, waarvan, zoals we reeds eerder vermeldden, verscheidene sporen gevonden zijn.

We spraken zoëven over de waterschroef, die water naar boven kon werken en die natuurlijk ook gebruikt werd om uit grote schepen het kielwater te verwijderen. Maar aan het water denkend worden we attent op het nuttige gebruik, dat men

in de oudheid daarvan maakte. In de eerste plaats tot het construeren van *uurwerken, horologia,* horloges, eigenlijk „urennoemers". Een bekend en algemeen instrument was natuurlijk de zonnewijzer. Maar hierbij en ook bij de straks te vermelden wateruurwerken kende de oudheid een moeilijkheid, waarvan wij geen last hebben. Wij verdelen het etmaal in 24 alle even lange uren. Maar in de antieke wereld hield men rekening met dag en nacht. En ieder van die perioden verdeelde men in 12 uren. De dag begon bij zonsopgang en eindigde bij zonsondergang, de nacht omgekeerd. Dat wil dus zeggen, dat de uren nooit op iedere dag even lang waren. Des zomers waren de daguren lang, de nachturen kort en des winters omgekeerd. In Rome duurt op 23 december de dag 8 uur 54 min., maar op 25 juni duurt hij 15 uur 6 min. Op 23 dec. duurt een uur dus 44 min. 30 sec., op 25 juni echter 75 min. 30 sec. Toch heeft men kans gezien de wijzerplaat van een zonnewijzer zo in te richten, dat men het gehele jaar er de tijd op kon aflezen. Hoe men dat deed bespreken we hier niet, het is natuurlijk nog al ingewikkeld. Een zonnewijzeer heeft het bezwaar, dat men hem alleen kan aflezen als de zon schijnt. Des nachts heeft men er niets aan. Maar de wateruurwerken waren van de zon onafhankelijk.

Een wateruurwerk werd *klepsydra* genoemd, dat betekent „waterdief". Een aardige naam voor een eenvoudig apparaat. Het meest eenvoudig was de klepsydra, die men gebruikte bij rechtsgedingen en door welke de tijd gemeten werd, die aanklager of verdediger ter beschikking kregen om hun redevoeringen te houden. Het was een buikige pot, in welks bodem een aantal gaatjes waren. Van boven was hij gesloten, maar er was een hol hengsel aan, dat aan weerszijden in de pot uitkwam. Op het hoogste punt van dat hengsel was een opening. Zette men de pot in water dan liep hij door de gaatjes in de bodem vol. Hield men de duim dan op het gaatje in het hengsel dan bleef het water er in. Maar zodra men de duim wegnam, begon het er van onderen uit te lopen. Was de pot leeg, dan was de tijd om. In Rome duurde dat 12 minuten. Maar een spreker kon méér vullingen toegewezen krijgen.

Aan dit instrument had men natuurlijk niets, als men wilde weten hoe laat het was. Maar van het principe maakte men gebruik om een werkelijk horlogium tot stand te brengen. Waren de uren nu maar alle gelijk geweest, dan was het een eenvoudige zaak. Dan kon men een klepsydra nemen, zo groot als men wilde, met een kleine opening in de bodem en die in een vat

zetten. Men kon dan naar believen aflezen hoe het water daalde of hoe het in het vat steeg. Dit laatste was het gemakkelijkst en dat deed men dan ook. En nu ging het er maar om, dat men de schaal, waarop men aflas, inrichtte voor de verschillende uren van het jaargetijde. Was het ontvangende vat van glas, zoals later vaak het geval was, dan vereenvoudigde dat het geval. Men kon dan in het glas een divergerende lijn aanbrengen, het hoogste punt daarvan gaf het waterquantum van de langste, het laagste punt dat van de kortste dag aan. Loodrechte lijnen gaven dan de dagen, en ook de maanden aan. Natuurlijk moest men voor een constante watertoevoer zorgen, ook al van wege de druk. Dit type uurwerk treffen we eerst in de 2e eeuw n. Chr. aan. Maar vóór die tijd, toen men nog geen glazen ontvanger gebruikte en dus het niveau van het water niet kon zien, plaatste men in het vat een drijver met een staaf er op, waarop door dwarsstrepen de uren waren aangegeven. Die stonden niet alle even ver van elkaar, maar dichter bij of verder van elkaar naar gelang van de jaargetijden. In de loop van het jaar kon men ook telkens een andere schaal aanbrengen. Dit was een uitvinding van Ktesibios.

Vitruvius beschrijft een nog fraaier werkend horologium. Daarbij bestond de drijver uit een omgekeerde kom, natuurlijk van boven luchtdicht afgesloten. Daarop stond de staaf, maar die was getand, en wanneer hij naar boven ging greep hij in een tandradje en de draaiing daarvan werkte zo, dat bij héél uur een steentje of kogeltje door een gaatje naar beneden viel op een metalen bodem, en dan „sloeg de klok" als het ware. Soms wist men zelfs een fluittoon te doen horen, naar het principe van het waterorgel, waarover we straks zullen spreken. Overgeleverd is, dat reeds Plato een uurwerk had, dat de uren door een fluittoon aangaf.

Zakhorloges kwamen niet zo vaak voor, maar toch heeft men ze gekend en er is zelfs een over in een museum te Mainz. Dat is even groot als een modern zakhorloge; het is gemaakt uit elpenbeen, met een deksel. Doet men dat open dan ziet men een voetje, waarin men een inliggend staafje kan steken. De schaduw daarvan valt op een streepverdeling, waarop men de tijd kan aflezen. Natuurlijk moest men dit zonnezakhorloge eerst goed oriënteren. Merkwaardig is, dat de Griekse arts Erasistratos een zakwateruurwerk bij zich had. Kwam hij bij een patiënt, dan sloot hij dit op de waterleiding aan en kon zo de pols van de zieke aflezen. Er waren ook *stadsuurwerken,* sommige zelfs zo ingericht, dat ieder uur poppetjes uit deurtjes kwamen, even-

als in Alkmaar en tegenwoordig ook in de Kalverstraat te Amsterdam. Natuurlijk was wat we hier mededeelden slechts een schets; in werkelijkheid waren de uurwerken nog wel wat gecompliceerder ingericht, vooral de zonnewijzers. Men kan niet anders dan de geleerdheid en de vaardigheid van de oude uurwerkmakers bewonderen.

En nu het *waterorgel,* in het Grieks *hydraulis,* d.i. eigenlijk „waterfluit" genoemd. Het woord orgel komt van het Griekse organon, d.i. werktuig, of later in het bijzonder muziekinstrument. Het waterorgel is uitgevonden door de reeds eerder genoemde Ktesibios (3e eeuw v. Chr.). Later zijn er herhaaldelijk kleine verbeteringen aan aangebracht. We zullen pogen het te beschrijven.

Stel u voor een bronzen kast of kist ongeveer de helft van uw eigen lengte hoog. Want de antieke orgels waren klein, samen met de pijpen niet veel hoger dan een mens. Ze waren dan ook draagbaar en doen meer aan onze harmoniumorgels denken. De kast was voor het grootste deel met water gevuld. De windketel was een breed vat in de vorm van een halve bol; hij stond in de kast met de opening naar beneden in het water. Aan zijn onderste rand waren kleine openingen om het water door te laten; of in plaats daarvan stond de ketel op blokjes. Bovenaan de windketel waren twee pijpen, de ene gaf verbinding met de windlade, de andere was verbonden met een luchtpomp. Wordt met deze lucht in de windketel gepompt, dan wordt het water, dat er zich in bevindt, aan de onderzijde weggedrukt uit de windketel in de waterkast, waar de ketel in staat. Maar de druk van het water perst de lucht in de ketel samen en die saamgedrukte lucht ontwijkt door de andere buis naar de windlade. Het water werkt dus als bij de latere orgels de gewichten, die op de blaasbalg gelegd worden. En de lucht ontsnapt gelijkmatig naar de windlade, hoewel de luchtpomp haar met stoten naar binnen stuwt. Eigenlijk is dus het waterorgel een gewoon pneumatisch instrument. Voordat we verder gaan, moeten we de vraag beantwoorden, die de lezer gedaan heeft: had men dan toen reeds *luchtpompen?* Ja, die had men en ze waren als volgt ingericht.

In een bronzen cilinder liep een zorgvuldig daarin gepaste zuiger, waaraan een stevige stang was bevestigd. Later werd deze zuiger met leer omwikkeld, wat natuurlijk de nauwe aanpassing bevorderde. Met de stang was een hefboom scharnierend verbonden, zodat de pomp door een vertikale beweging van die hefboom in actie gezet kon worden. Natuurlijk waren

er twee ventielen, één, dat zich opende als de zuiger naar boven ging, om de lucht toe te laten en zich bij de nederwaartse beweging sloot, en een ander tussen de luchtpomp en de windketel, dat de lucht toeliet, maar weer dicht klapte als de zuiger naar boven ging. Zo als gezegd kwam de lucht uit de windketel door een buis in de windlade, die boven de waterkast was aangebracht. Op de windlade stonden de pijpen. Ze waren daarvan afgesloten door schuifkleppen, maar die konden zo verschoven worden, dat een gaatje, dat er in was geboord, precies onder de pijp kwam en dus lucht doorliet. Door middel van een constructie van kleine hefboompjes kon dit schuiven plaats vinden. De uiteinden daarvan lagen naast elkaar evenals onze toetsen op het orgel. Drukte men daarop dan weerklonk de toon. Hield de druk op dan bracht een elastisch reepje hoorn de schuif weer op haar plaats en werd de wind afgesloten. Evenals thans nog lagen de hoge tonen aan de rechter-, de lage aan de linkerzijde. De pijpen waren van brons, soms stonden ze in verscheidene rijen achter elkaar. Eén afbeelding is bekend, die achttien pijpen vertoont; dat orgel omving dus waarschijnlijk twee octaven. Voor de bediening van het orgel was behalve de organist een slaaf nodig, die de luchtpomp bediende. Later kreeg men orgels met twee luchtpompen, dan was er dus nog iemand nodig. In ieder geval reeds in de 2e eeuw n. Chr. waren er orgels, die niet met de waterkast, maar met blaasbalgen werkten. Over de tonen is niets overgeleverd. Cicero (106—43 v. Chr.) spreekt herhaaldelijk over waterorgels, maar vooral in de keizertijd waren het geliefde instrumenten. Keizer Nero deed zelfs zijn best de inrichting te verbeteren en sommige van de latere keizers bespeelden zelf het orgel. Vooral in het theater en in de circus kwam het orgelspel in zwang, maar wellicht juist daarom is er in de Christelijke kerken der eerste zeven eeuwen geen sprake van. In 757 stuurde een Byzantijnse keizer een orgel aan Pepijn de Korte en sindsdien begonnen de monniken in het Frankische rijk zich op de orgelbouw toe te leggen. Zo heeft het orgel langzamerhand ook toegang tot de kerken gekregen. Zonder twijfel is het een van de fraaiste erfstukken, die de oude wereld ons nagelaten heeft.

We waren van het water uitgegaan en keren daarheen nog even terug. Want we moeten ook nog iets zeggen over de *brandspuit*. Het principe daarvan is ook alweer gevonden door Ktesibios. Hij construeerde een werktuig, waarmee men grote massa's water naar boven kon werken ten behoeve van bassins en badgelegenheden. Het bestond uit twee pompcilinders met

een windketel in het midden en een systeem van ventielen. Door de windketel werd het water door middel van de afwisselend op en neer bewogen pompen in een naar boven lopende pijp gevoerd. Later verbond men aan die pijp slangen en de brandspuit was geboren. Het zwakke punt waren die slangen, want men had nog niet het materiaal, waarvan onze brandslangen vervaardigd worden. De ingenieur Apollodoros (± 100 n. Chr.) gebruikte ossendarmen als slangen. We zien dat Jan van der Heijden (1637—1712), die bekend staat als de uitvinder van de slangbrandspuit, zijn antieke voorgangers had. Merkwaardig is, dat het apparaat in de oudheid *siphon* genoemd werd, aan welk woord onze spuitwatersifon nog herinnert. Ongetwijfeld heeft in de oudheid de brandweer van de spuit gebruik gemaakt. Want overigens waren emmers en natte lappen het materiaal, dat zij gebruikte. Keizer Augustus heeft de Romeinse brandweer voor het eerst goed georganiseerd. De brand- en veiligheidsdienst droeg hij op aan 7 cohorten ieder van 1000 man. Iedere cohorte bewaakte twee districten van de stad. Zij vormden een beroepsbrandweer, die in kazernes was ondergebracht. Deze brandweer zag er op toe, dat men voorzichtig met vuur omging en dat de bewoners van huurhuizen steeds emmers met water hadden klaar staan. Later drong deze organisatie ook in de provinciën door. Plinius Secundus, die in 111 stadhouder van Bithynië was, vraagt in een brief aan keizer Trajanus om een brandweer. Want toen hij Nicomedia bezocht, had daar een grote brand plaats, die veel huizen en twee publieke gebouwen in de as legde. Hij schrijft dan: „De brand breidde zich verder uit door de hevigheid van de wind, maar ook door de laksheid van de mensen; zij bleven maar werkeloos en onbewegelijk naar zo'n grote ramp staan kijken, en bovendien was er nergens een brandspuit te zien, geen enkele brandemmer, kortom geen enkel apparaat om de brand te bedwingen. Die zullen nu, zoals ik bevolen heb, in orde gemaakt worden. Ga gij, heer, nu eens na, of ge het niet nodig oordeelt, dat er een groep werklieden wordt aangesteld van niet minder dan 150 man." We zien uit deze woorden dus, dat Plinius een brandspuit en een beroepsbrandweer niet alleen wenselijk, maar ook normaal vond voor een grote stad.

We gaan nu naar een ander gebied over, het *theater*. Want ook dat heeft van de techniek der oude ingenieurs geprofiteerd. We wezen er reeds op, dat het Colosseum te Rome allerlei ondergrondse ruimten had, die o.a. dienden tot het verwisselen van het decor. Daarin waren liften aangebracht, die in een

ogenblik tijds allerlei landschappen naar boven konden brengen, b.v. een geheel bos van echte bomen, bevolkt met dieren en dergelijke. Maar ook de gewone theaters hadden hun machinerieën. In Athene waren reeds in de 5e eeuw v. Chr. in de schouwburgen (die steeds openluchttheaters waren) zweeftoestellen, waardoor men een toneelspeler kon laten vliegen of neerdalen of van het toneel verdwijnen in de lucht. Een herinnering daaraan hebben we nog in de uitdrukking „deus ex machina", dat wil dus letterlijk zeggen „een god (die) van de machine (af spreekt)". Zo'n zweefmachine bestond uit touwen, die over een rol liepen en haken, waaraan de toneelspeler hing. Verder weten we er weinig van.

Zoals men tegenwoordig bij het uitvoeren van hoorspelen voor de radio allerlei geluiden, soms met zeer eenvoudige middelen, natuurgetrouw pleegt na te bootsen, zo kende ook de oudheid in het theater de dondermachines. Veel technisch inzicht was daarvoor niet nodig. Het waren metalen vaten, waar stenen in geschud werden of met stenen gevulde zakken, die tegen metaal geslagen werden. Ook bliksemmachines had men, waarmee men bliksemstralen kon laten flitsen.

Nu we over het theater spreken, komt ons het *automatisch theater* van Heron in de gedachte. Onder de geschriften van Heron is er een, dat tot titel draagt: De kunst van het vervaardigen van automaten. Het Griekse woord *automatos* betekent „van zelf bewegend" en schijnbaar doet iedere automaat dat ook. In de oudheid hield men zeer van zulke wonderlijke apparaten, en Heron heeft er verscheidene beschreven. Sommige waren zo maar voor de aardigheid, andere leverden meer nut op. Hij had reeds voorgangers, maar hij beroemt er zich op, dat hij verder is gekomen dan zij. Om bewegingen op raderen en rollen over te brengen, gebruikte Heron snoeren van plantenvezels, wij zouden zeggen dunne touwtjes. Tot de aandrijvende kracht dienden hem gewichten van lood, die in een kast langzaam zakten. Zij rustten op een laag gerst- of mosterdkorrels, die door een gaatje in de bodem vielen en wier niveau dus langzaam daalde. We zullen nu enige voorbeelden geven van Herons automaten.

Voor een automatisch marionettentheater bewerkte hij de sage van Nauplios. Reeds een andere mechanicus Philon van Byzantion had die ten tonele gevoerd, maar Heron wist daaraan allerlei dingen te verbeteren. Nauplios was in de sage de vader van Palamedes. Toen deze door de Grieken gestenigd was, besloot de vader zich te wreken. Daartoe ontstak hij op het

eiland Euboia een vals vuursignaal, waardoor de Grieken jammerlijk schipbreuk leden. Om dit voor te stellen liet Heron een houten theaterkast timmeren, met deuren, die automatisch open en dicht gingen om de bedrijven van elkaar te scheiden.

De vijf bedrijven stelden het volgende voor. 1. Twaalf Grieken zijn bezig de schepen in orde te maken om zee te kiezen. Men ziet ze hameren, zagen, boren enz. 2. De schepen zijn klaar en lopen van stapel. 3. De schepen varen, men ziet dolfijnen om de schepen op- en onderduiken. 4. Een storm steekt op. Nauplios steekt het valse signaal aan. 5. Schipbreuk. Ajax zwemt naar het land, maar de godin Athene verschijnt en treft hem met de bliksem. Ajax verdwijnt in de golven. Alle bewegingen in dit stuk worden uitgevoerd door raderen, rollen en touwtjes. De dolfijnen b.v. zijn aan een radje bevestigd en duiken door het draaien daarvan op en onder. Het vuursignaal wordt aangestoken, doordat een metalen plaatje, dat een zich daaronder bevindend lampje bedekt, door een draad wordt weggetrokken. Het lampje steekt dan enige houtkrullen in brand.

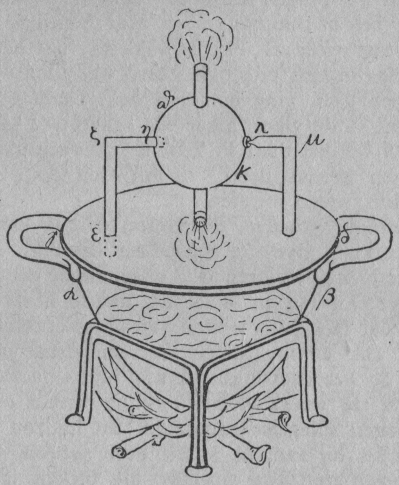
Een ander succesnummer was een offer van Bakchos. In een op zes zuilen rustend tempeltje staat Bakchos bij het altaar en plengt daarop uit zijn thyrsusstaf melk en uit een beker wijn. De uitgieting van dat vocht wordt geregeld door een kraantje, dat te juister tijd open en dicht getrokken wordt door een draad. Dan wordt op het altaar het vuur ontstoken en de Bacchanten dansen onder het geklank van pauken en bekkens om de tempel. Voor en na de voorstelling rijdt het gehele apparaat op rails voor- en achteruit, ja zelfs soms in de rondte. Dit laatste werd bereikt doordat het reed op kegelvormige wielen. Ook met de luchtdruk werkte Heron. Daardoor liet hij vogels kwinkeleren, slangen sissen, trompetten in tempels automatisch blazen enz. Voor tempels had hij trouwens meer apparaten beschikbaar. Bij een brandoffer openden en sloten de deuren van de tempel zich van zelf. Treedt men binnen dan klinkt de trompet. Als men offert, ziet men in een doorzichtig altaar figuren dansen. Uit een *wijwaterautomaat* kan men door het inwerpen van een geldstuk enige droppelen op de hand laten vloeien. Deze automaat werkte vrij eenvoudig. Het geldstuk viel op een plaatje, dat aan een hefboompje verbonden was. Het gewicht van het geldstuk drukte het hefboompje naar beneden. Maar het bevond zich boven een bak met wijwater en daarin zat een buisje dat naar buiten liep. Aan het hefboompje was een staafje, aan welks ondereind een stopje was, dat het buisje afsloot. Trad het hefboompje nu door de val van het muntstuk

in werking, dan werd dat stopje even opgelicht en het water stroomde naar buiten. Maar onmiddellijk daarna gleed het muntstuk van het plaatje af in een daaronderstaand geldbakje en dan ging het hefboompje weer naar beneden en sloot het stopje het water weer af. Het is duidelijk, dat het er op aankwam dat alles precies uitgebalanceerd was. Zoals het nu soms met automaten gaat, ging het toen ook. De priesters wierpen geen muntstuk in de gleuf, maar een scherf van gelijk gewicht. Eerst in 1885 werden door P. Everitt in Londen de eerste verkoopautomaten geconstrueerd; of hij zich door Heron heeft laten inspireren, weten we niet.

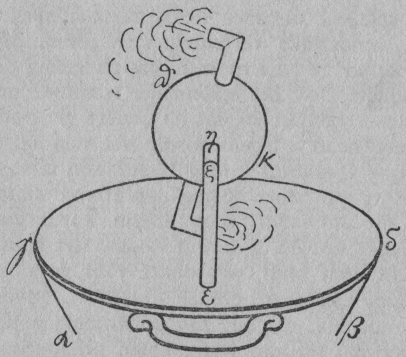
Tot de vermakelijkheden, die Heron wist te bieden, behoort ook de *lachspiegel.* Over de spiegelleer heeft hij een boek geschreven, dat helaas verloren is gegaan. Maar uit andere bronnen weten we wel een en ander dat daarin heeft gestaan. We zien daaruit dat Heron de wetten van de spiegeling goed bestudeerd heeft. Dat de invalshoek van een straal op de spiegel gelijk is aan de weerkaatsingshoek wist hij en daarvan uitgaande heeft hij ook de weerkaatsing van de stralen op convex of concaaf gebogen spiegels bestudeerd. En hij zou zichzelf niet geweest zijn als hij van die studie geen gebruik gemaakt had voor het construeren van spiegels, die bleken lachspiegels te zijn. Men kon zichzelf daarin zien met het hoofd naar beneden, met drie ogen, twee neuzen en met een wonderlijk aangezicht. Met vlakke spiegels, die met elkaar hoeken maakten, wist hij ook allerlei wonderlijke vertoningen te geven. Men zag zich daarin op en neer zweven of men zag plotseling een soort van geest verschijnen. Ook het spionnetje, waarmee men kan zien wat er op straat gebeurt en dat de oudere generatie der lezers nog wel gekend heeft – tegenwoordig ziet men het maar zelden, hoewel het nog voorkomt – mag Heron zijn uitvinder noemen.

Interessant en van meer belang dan Heron wellicht zelf vermoedde, is zijn *stoombol,* want daarin wordt voor het eerst gebruik gemaakt van de druk van stoom. Het apparaat was als volgt ingericht. Een ketel, waaronder vuur gestookt werd, was van boven door een platte deksel afgesloten. Boven dat deksel bevond zich een bol, die om zijn horizontale middellijn draaibaar was, doordat hij aan weerskanten gehangen was in twee met het deksel verbonden rechthoekig gebogen armen. Maar één van die armen was een buisje, dat door het deksel in de ketel stak en aan het andere eind door de bol. Die kon dus draaien om twee draaipunten, nl. het zoëven vermelde buisje en het andere armpje. Als dus het water in de ketel ging koken

kon de stoom door het buisje in de bol komen. Maar ze kon ook weer ontsnappen want aan de bol waren tegenover elkaar

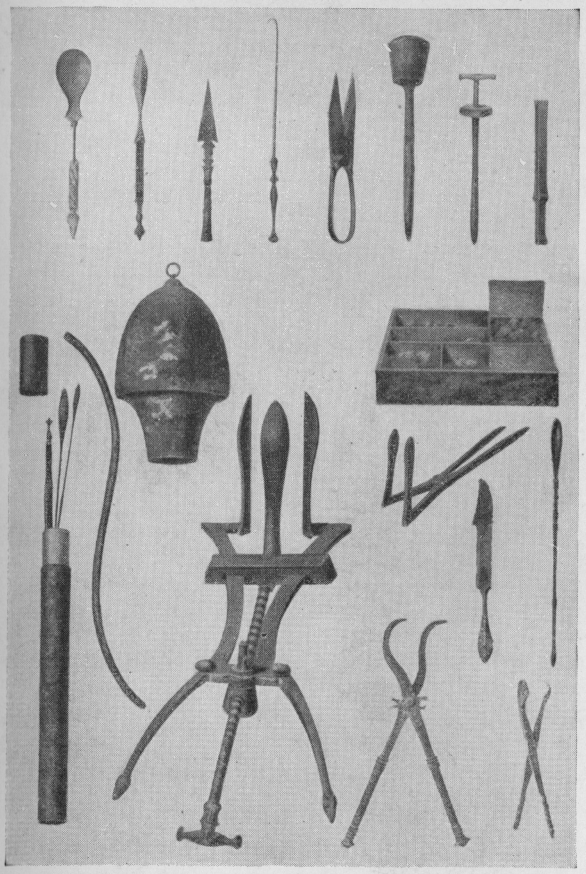


Herons stoombol (voorzijde)



Herons stoombol (op zij)

twee pijpjes gesoldeerd, die in tegenovergestelde richting rechthoekig gebogen waren. De stoom stroomde met kracht daardoor en moest in de pijpjes de hoek nemen en zette zich daartoe



Chirurgische instrumenten (bladz. 123)

met kracht af. Door deze terugstoting ging de bol om zijn as draaien op dezelfde wijze als onze watersproeiers dat doen. Met een weinig goede wil kan men zeggen, dat de eerste stoommachine was uitgevonden. In ieder geval draaide er iets door de kracht van de stoom. Het is jammer dat men in de oudheid niet op dit principe is doorgegaan. Het bleef nu een aardigheidje even als de ketel, die door de stoom een bal in de hoogte wierp, die telkens weer door een holle halve bol werd opgevangen en opnieuw voor de opening werd gebracht, zodat hij bleef opspringen. Maar genoeg over de aardigheden van Heron. In andere dingen is hij belangrijker, al heeft hij zijn grote bekendheid te danken aan zijn aardigheidjes. Om maar iets te noemen: hij verbeterde het instrument, dat dioptra genoemd wordt, dat wil zeggen een toestel „waar men doorheen kijkt", een kijker. En daarmee bedoelen we niet de dioptra, die we reeds eerder noemden, toen we het over de telegrafie door vuursignalen hadden. Dat waren slechts twee kokers, die het oog concentreerden op de signalen. De dioptra, waarover we nu spreken, had een ander doel en was een veel ingewikkelder instrument. We zullen het niet in bijzonderheden beschrijven, maar toch de algemene bedoeling weergeven.

Het apparaat stond op een driebenig statief, zoals wij dat ook kennen. Stel u voor een zuilvormige buis, die tussen het statief ingeklemd zit. Aan de bovenkant was er een pin, waarom een horizontaal tandrad kon draaien. Door een schroef, die in de tanden greep, kon men de beweging van dat tandrad zeer fijn regelen en men kon het vastzetten. Op het horizontale tandrad was een opstand, waarop twee metalen plaatjes stonden, die door een horizontale stift met elkaar verbonden waren. En deze stift was de as, waarom een halfcirkelvormig tandrad zich vertikaal bewegen kon. Ook dit rad kon door middel van een schroef fijn geregeld worden en vastgezet. De middellijn van dit halve rad was aan de bovenzijde en daarop was een richtlat aangebracht van ongeveer 1,80 m. En op die richtlat bevond zich een *waterpas*. Dat bestond uit een bronzen buis, die aan beide einden naar boven gebogen was, en in die gebogen stukken stond een glazen buis van 22 cm. Als het waterpas met water gevuld was kon men dus aan de stand van het water in die glazen buisjes het zuiver horizontale vlak zien. Om de glazen buisjes was een omhulling, waarin metalen plaatjes met een viziergaatje op en neer konden schuiven. Het is duidelijk, dat men met dit instrument horizontale hoeken in het terrein kon opmeten, maar ook, in bergachtig gebied verticale. Het was

zo iets als wat voor de tegenwoordige landmeter de theodoliet is. Maar ook sterrekundige metingen kon men er mee doen, b.v. bepalen de hoek, die gevormd wordt door de afstand van twee sterren onderling e.d. Natuurlijk maakte men in het veld gebruik van stangen, waarop een zwart-wit geschilderd bord op en neer geschoven kon worden, zo iets als de rood-wit geschilderde staven, waarmee wij onze landmeters zien werken.

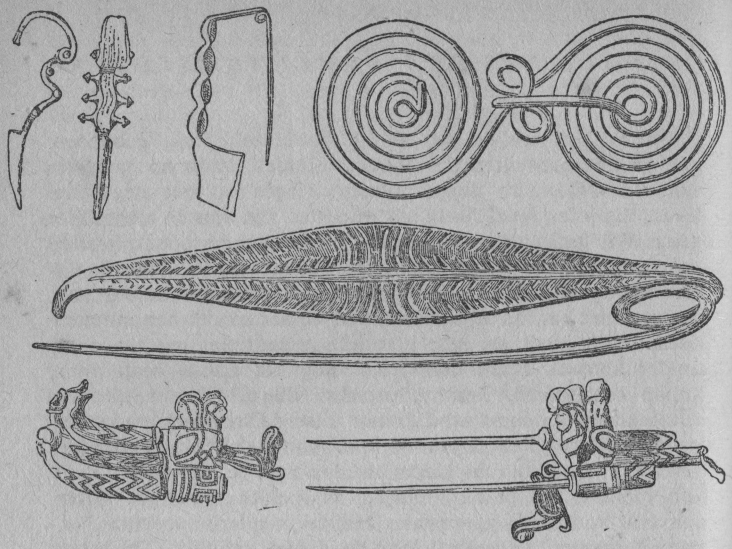
Aan het slot van dit hoofdstuk moeten we nog een machine vermelden, die Heron in een afzonderlijk boekje beschrijft en die hij de *„baroulkos"*, d.i. de *„lastsleper"* noemt, maar die ook als de hefkraan dienst kan doen. Reeds Archimedes had bewezen, dat men van een groot en een klein rad die om dezelfde as draaien, het grote rad gemakkelijker kan bewegen dan het kleine. Men verliest alleen aan weg (en dat betekent voor de gebruiker ook aan tijd) wat men aan kracht wint. Met een machine, die op dit principe berustte, had Archimedes tot verbazing van koning Hieron II van Syrakuse een geheel bevracht schip alleen in zee getrokken. Ook de lastsleper van Heron werkt zo. In een stevig raam is een systeem van parallellopende assen aangebracht aan welke grote en kleine tandraderen zijn aangebracht zodat elk volgend groot grijpt in een klein rad, dat dan weer zijn as doet draaien, waaraan het daarop volgende grote rad verbonden is. De beweging wordt dus verlangzaamd, maar de kracht vergroot. Aan de laatste as worden de kabels bevestigd, die de last moeten verplaatsen. In principe is het dus hetzelfde systeem, dat we in onze fabrieken en op onze bouwterreinen nog dagelijks kunnen zien toepassen. Maar het is in de oudheid gevonden. Voor de berekeningen, die aan het vervaardigen van zulk een apparaat voorafgaan, moeten we alweer de grootste bewondering hebben.

IX

DINGEN UIT HET DAGELIJKSE LEVEN

Tot nu toe hebben we ons in hoofdzaak bezig gehouden met grotere produkten der antieke techniek, maar nu gaan we een aantal kleinere dingen bezien, dingen uit het dagelijkse leven, die ieder op zichzelf ook vondsten zijn van de menselijke geest. Wij letten daar niet zo op, omdat we gewoon zijn alles eenvoudig te aanvaarden. De belangrijkheid van de kleine dingen zou ons opvallen, wanneer we ze eens moesten missen, we zouden ons niet kunnen voorstellen, hoe we het zonder hen moesten doen. Toch heeft de gehele antieke wereld het moeten doen zonder knopen. Noch het Grieks nog het Latijn heeft voor knoop een woord. Eerst omstreeks 600 n. Chr. wordt een schoenknoop genoemd en daarvoor moet de schrijver een woord vormen. Maar kleerknopen en knoopsgaten heeft men niet gekend. De vorm van de kleren maakte ze ook niet nodig, men kon volstaan met gespen, spangen en spelden. Maar die waren dan ook voortreffelijk en men had ze in allerlei soorten. Natuurlijk werden ze vooral door de dames gebruikt. De heren hadden ze minder nodig. De Romeinse toga b.v. werd op een bepaalde manier omgeslagen, maar spelden of gespen kwamen daar niet bij te pas. Wel bij de mantels, die met een speld werden vastgestoken.

We kunnen er niet aan denken de talloze vormen van *gespen* en *spelden* te vermelden. Hun principe was hetzelfde als dat van onze veiligheidsspelden, dat wil dus zeggen dat de eigenlijke speld een eenheid vormde met de beugel en daaraan door een spiraalvormige en verende winding verbonden was. De punt van de speld werd, evenals bij ons, door de stof heengestoken en dan in het huisje opgeborgen, zodat ze geen kwaad meer kon doen. Natuurlijk waren deze veiligheidsspelden, die in allerlei maten, soms vrij grote, gemaakt werden, vaak versierd met allerlei figuren van verschillend metaal, met parels en edelstenen. Ze vertoonden ook allerlei vormen, b.v. een achtvormige spiraalwinding, soms elliptisch enz. Kortom wanneer u in de étalage van een bijouteriewinkel de fraaie spelden en broches ziet, die het damesoog zo bekoren, wees er dan zeker van dat de oudheid ze ook zo gekend heeft en nog veel mooier, want van prulwerk, zoals wij dat soms zien, moest de antieke mens niets hebben.



Veiligheidsspelden

Gewone *spelden* en *naalden* zijn in groten getale gevonden, vooral in graven van vrouwen, aan wie ze meegegeven waren in ronde speldendoosjes. De gewone speld heeft een kop evenals de onze, maar wat groter. De naalden waren gemaakt van brons of ijzer, soms van been. Het oog was erin uitgeboord. Maar er werden niet zoveel naalden gebruikt als bij ons, want verscheidene van de grote kledingstukken werden in één stuk geweven. Toen de dunnere zijden kleding voor de dames in de mode kwam, moest daaraan natuurlijk wel genaaid worden. Ook belegsels e.d. werden opgenaaid, maar de brede purperzoom, die de tunica van de senatoren sierde, werd niet opgenaaid, maar aangeweven. Was er een scheur in de kleding gekomen, dan werd een lap opgenaaid. Behalve naainaalden had men ook borduurnaalden. Want borduren kon men goed. Denk b.v. aan de geborduurde toga van de triumphator, waarop met de naald gouden ornamenten, kringen en sterren werden aangebracht en de tunica, die met palmtakken geborduurd was; denk verder aan de tapijten en de kleden, die men over meubelen legde. Verder had men haarspelden, grote, wier koppen

prachtig versierd waren en die de haarknotten der dames in de nek vasthielden.

Over haar sprekend denken we aan de *kammen*. De gewone kammen waren van hout vervaardigd, meestal van bukshout. Maar soms waren ze fraai versierd, zelfs met inleg van goud of elpenbeen. Verder kwamen voor kammen van been, hertshoorn, elpenbeen en brons. Evenals wij kende men kammen met dubbele rij tanden, een grovere en een fijnere, de eerste om het haar te ordenen, de andere om er het stof uit te verwijderen. De kammen met één rij tanden hadden vaak een driehoekige of halfcirkelvormige greep, die dan meestal versierd was met reliëfwerk of inlegwerk, ook wel met parels. Men begrijpt welk een vakmanschap er nodig was om zulke fraaie gebruiksvoorwerpen te maken. Natuurlijk hoorde de kam ook thuis bij de barbier. Hij schoor haar en baard „over de kam". Voor het geheel glad scheren van het gelaat gebruikte hij een *scheermes*, dat halvemaanvormig was en waarvan de buitenzijde zeer scherp was. Toch moet de operatie niet aangenaam geweest zijn, want scheerzeep kende men niet; de barbier bevochtigde alleen het gelaat met water. De klant kon het werk van de barbier in de spiegel volgen.

De oudste *spiegels*, die bekend zijn, stammen uit Egypte, maar natuurlijk is de spiegel in alle eeuwen in gebruik geweest. Hij werd gemaakt van gepolijst metaal, brons of zilver. Men had handspiegels, vaak met fraai handvat en ook staande spiegels, zij het niet zo groot als de onze. Reeds sedert de 5e eeuw v. Chr. kende men spiegels in étui. De spiegel was met een scharnier aan het deksel verbonden, aan een ring kon men hem er uittrekken. Een andere ring bood gelegenheid de spiegel op te hangen. Vaak waren de deksels met reliëfwerk versierd. Behalve de metalen spiegels zijn ook glasspiegels gevonden. Zij zijn gemaakt van kleurloos glas dat met een foelie van tin bestreken is. Ze zijn meestal klein en steken in een loden omlijsting; ongetwijfeld zijn het zakspiegeltjes geweest. Merkwaardig is, dat ze, evenals trouwens vele metalen spiegels, bol waren, dus een vertekening van het gelaat te zien gaven.

Behalve het scheermes hanteerde de barbier nog een kleiner mes, waarmee hij de nagels kan fatsoeneren. Want men kon zich bij hem ook laten manicuren. *Messen* kende de oudheid, evenals wij, in verschillende soorten. Reeds in de oudste tijden had men messen van brons, later werden de meeste van ijzer gemaakt. Soms bestonden heft en lemmer uit een stuk, maar dan is vaak het heft plat en aan beide zijden bekleed met

hout of been, dat met enige nagels bevestigd is. Maar meestal is het lemmer met een punt in het heft bevestigd, net als bij ons. Het heft is vaak van brons en fraai versierd of bestaat in zijn geheel uit een figuur. Men had natuurlijk tafelmessen van verschillende grootte, verder jachtmessen, maar ook knipmessen, die als zakmessen dienst deden. Eén soort kennen wij niet, namelijk de offermessen. Die hadden een speciale vorm. Het lemmer was vrij kort en breed, had de vorm van een rechthoekige driehoek, waarvan de hypotenusa enigszins gebogen liep.

Wie over messen denkt, komt gemakkelijk op scharen. De *schaar* had niet de vorm van tegenwoordig, maar zag er uit als een schaar, waarmee men de schapen scheert. De beide lemmers zijn met elkaar verbonden door een verende gebogen band metaal. Men kan dus met één hand knippen door aandrukken. Houdt de druk op dan gaat de schaar vanzelf weer open. Toch zijn wel enige exemplaren gevonden van ons model. De lemmers zijn daarvan zeer kort en de beide armen in verhouding zeer lang. Men kan dus een grote druk oefenen en deze scharen zullen dan ook wel bestemd zijn geweest voor het knippen van metalen platen.

De schaar heet in het Latijn *forfex*. Een woord, dat daarop veel gelijkt is *forceps*. Dat is een *tang*. Daarbij denken wij aan de nijptang uit onze timmerdoos. Maar merkwaardigerwijs schijnt de oudheid die niet gekend te hebben. Althans er is nooit een tang gevonden met de twee horizontale grijpers, waarmee wij zo gemakkelijk een spijker kunnen uittrekken, en er wordt ook nergens van een nijptang melding gemaakt. Wel weten we alles van de grote tang, waarmee de smid gloeiend ijzer aanpakt. Hij heeft twee grote grepen, die om een scharnier draaien. Van de eigenlijke bek zijn de twee delen eerst tot een halve cirkel gebogen en lopen dan uit in rechte einden. Een gesloten tang ziet er dus ongeveer uit als een vogelkop met een lange snavel. Er waren natuurlijk tangen van verschillende grootten. Het interessantst zijn de *chirurgische tangen*. Meestal hebben die de vorm van ons pincet, maar er zijn ook tangen met een scharnier. En dan de wellicht meest gevreesde tang ter wereld, die van de tandarts. Ook die is gevonden, aan de punt een weinig gekromd om gemakkelijk tandwortels te kunnen uittrekken. Ook tangen om kiezen te trekken had de tandarts der oudheid. Hoe bekwaam hij was, kan men zien aan de met goud geplombeerde tanden en kiezen die gevonden zijn. Over de verdere medische instrumenten zullen we niet spreken. Er zijn verzamelingen gevonden, die, wanneer ze eens mooi

opgepoetst konden worden, een leek niet zou kunnen onderscheiden van de moderne apparaten.

Natuurlijk hadden de smid en de timmerman ook *hamers.* Ze hadden ongeveer dezelfde vorm als die van ons; maar ze hadden niet het gespleten eind, waarmee wij zo gemakkelijk een spijker kunnen uittrekken. Andere waren groter en cilindervormig. Geheel van ijzer waren de smidshamers; minder zwaar de houten hamers, omgeven door metalen banden, het lichtst de geheel houten hamers, die goud- en zilversmeden gebruikten om het materiaal plat te slaan en ook boekbinders om de papyrus mooi dun te maken. De steel was gemaakt van hout van de wilde olijf, de buksboom, de eik, olm of es. Een merkwaardige hamer was die, waarmee de slager, of bij een offer de offerdienaar het dier neersloeg. Hij had de vorm van een bol aan een vrij lange steel.

De *spijkers,* die van brons of ijzer gemaakt waren, geleken op de onze, evenals de *schaaf. Boren* had men in verschillende vorm. De gewone boor had aan de bovenzijde een handvat, waarmee men hem kon draaien. Dan kwam er uit het hout zaagsel; maar men kende ook een grote, de z.g. Gallische boor, die hele spaanders uit het hout werkte. De drilboor was reeds een oude uitvinding. Als Homeros beschrijft hoe Odysseus het oog van de Cycloop uitboort, vergelijkt hij dat bij het werken met de drilboor en wel kennelijk een grote. Bovenaan had deze een knop, waarop een man met alle kracht drukte. Om de, ongetwijfeld met hout beklede ijzeren boor werd een riem geslagen en aan beide uiteinden van die riem trokken twee mannen beurtelings, zodat de boor draaide. Voor het gewone gebruik had de timmerman een drilboor, die hij alleen kon bedienen. Hij gebruikte daartoe een soort van boog, welks pees één slag om de boor gedraaid was. Met zijn linkerhand drukte de werkman op de knop van de boor en met de rechterhand bewoog hij de boog heen en weer, zodat de boor draaide. Er waren ook zeer fijne boortjes, die gebruikt werden door goud- en zilversmeden en beeldhouwers. Ook de medici gebruikten boren en wel voor de z.g. trepanatie (van het Griekse woord *trupanon,* boor). Daarmee wisten ze beenderen, in het bijzonder de schedel te doorboren. Men heeft uit beenwoekeringen, die later bij het boorgat ontstonden, opgemaakt, dat de patiënten het nog overleefden ook.

Reeds eerder bespraken we een instrument, waarmee de landmeter kon *waterpassen.* De timmerman en metselaar hadden daarvoor een veel eenvoudiger apparaat. Stel u voor een van

hout gemaakte nogal wijdbeense grote hoofdletter A. Aan de bovenpunt daarvan was een koord bevestigd waaraan een stuk lood hing. Precies midden in het latje, dat de poten verbond was een inkeping gemaakt. De werkman behoefde de *libella* (want zo heette het instrument, het is een verkleinwoord van *libra,* weegschaal) maar neer te zetten en, als het vlak waarop ze stond, waterpas was, hing het koord precies voor de inkeping. Eenvoudiger kan het al niet. Natuurlijk had de werkman ook een schietlood, dat zich van het onze alleen hierin onderscheidde, dat het van brons was en meestal sierlijk gevormd was. Ook verschillende soorten van passers stonden ter beschikking. In de eerste plaats de gewone, maar verder ook een passer met een stelschroef, waardoor men een gemeten afstand in een bepaalde verhouding kon vergroten of verkleinen. De *zagen,* die men gebruikte, zowel de handzaag als de grotere zagen, waarmee men van boomstammen planken zaagde, waren in vorm en gebruikswijze aan de onze gelijk, maar van onze machinaal gedreven cirkelzagen zou een antieke timmerman toch wel opkijken. Zachte steensoorten werden met getande zagen behandeld, hardere met ongetande, maar scherpe metaalstroken. In de zaagsnede strooide men zand. Maar hierover spraken we reeds eerder.

Nu we een poos in een werkplaats hebben rondgekeken, gaan we een bezoek brengen aan de *keuken,* om haar technische inrichting te bezien. In de oudste tijden werd in het atrium, dat is de grote kamer, gekookt, maar later werd er een afzonderlijke keuken ingericht. We kennen die inrichting vrij goed door de opgraving van Pompeii. Het was in de oudheid al net als bij ons. Te platten lande was de keuken vaak tegelijk de woonkamer, in de stad had men een afzonderlijke keukenruimte. Daarom was de keuken buiten dikwijls vrij groot, soms 5 bij 6 m, maar in de stad was ze kleiner, soms tot 3 bij 4 m toe. De *haard,* 1 bij 2,5 m of kleiner, was tegen de muur gemetseld, want hij was natuurlijk van steen. Om potten en pannen op te zetten, waren er dikwijls verhogingen op gemetseld, maar ook drievoeten werden tot dat doel gebruikt. Ons lijkt het merkwaardig, dat een schoorsteen niet aanwezig was, de rook moest maar door de vensters een uitweg zoeken; meestal was er boven de haard een venster. Verder had de keuken meestal een gootsteen en een keukentafel. Of in de keuken of vlak daarbij was het privaat. Natuurlijk hadden de grote paleizen in Rome grotere keukens.

Op de keukenhaard werden de spijzen gekookt en wel op

het open vuur. De pannen stonden daarboven op drievoeten. Vele huizen hadden een *broodoven*, maar men kon het brood ook bij de bakker kopen, en die had natuurlijk veel grotere ovens, meestal voorzien van een afvoerkanaal, een soort van schoorsteen. In de bakkerij stond ook een *molen*, ook particulieren hadden die vaak. Zulk een molen was ingericht als volgt. Op een ronde stenen basis stond een kegelvormige steen met in de kop een ijzeren tap. Over die kegel heen werd de andere steen gestulpt. Die had de vorm van een zandloper, dus twee holle kegelvormige afdelingen, wier toppen een eenheid vormden. De onderste kegel paste over de op de basis staande kegel en de bovenste diende als trechter. Een ijzeren plaat met 5 gaten paste precies op de tap van de onderste steen met het middelste gat; door de andere vier kon het graan, dat in de trechter gegoten werd vallen en tussen de stenen terecht komen. De stenen pasten zo op elkaar, dat de kleine tussenruimte, die tussen beide was, naar beneden toe steeds nauwer werd. Werd nu de buitenste, de omhullende steen gedraaid, dan werd het graan gemalen en kwam terecht als meel in een goot die in de stenen basis was uitgehakt. Daar kon men het dan met de hand uitnemen. Men draaide de molen met twee handbomen, die op de hoogte van het nauwe deel van de buitenste steen waren aangebracht. Het was zeer zwaar werk, dat meestal door slaven gedaan werd. Maar men spande ook wel dieren, muildieren of paarden aan de beide bomen. Die hadden oogkleppen voor, zodat ze niet zien konden bij het voortdurende rondraaien. In het Oosten, waar zulke molens nog voorkomen, gebruikt men er zelfs kamelen voor. Natuurlijk waren er ook kleinere, handmolens, maar het principe was hetzelfde. De Romeinse legers voerden op hun tochten handmolens mee.

Maar we keren naar de keuken terug. Daar had men een even grote verscheidenheid van *potten en pannen* en ander keukengerei als wij. Een grote pot van aardewerk of brons met vlakke bodem en gebogen zijden diende voor het koken van vlees en vooral van de bij de Romeinen geliefde brij, een pap die gemaakt werd van gestampte spelt. Water werd gekookt in een bronzen pot met deksel en een hengsel, dat in het midden voorzien was van een oog, waaraan de pot boven het vuur gehangen werd. Een zeer nuttig en fraai apparaat was de met een Grieks woord genoemde *„zelfkoker" (authepsa)*. Dat was een luxueus gevormde ketel, waarin van boven tot beneden een koker liep, die gevuld kon worden met gloeiende kolen. De koker had van onderen een rooster en werd van boven door

het deksel gesloten. De drank of het water dat in de ketel was, werd dus door deze gloeiend-warme koker, die er als het ware instond, verwarmd, zonder dat men van buitenaf kon zien, waar de warmte vandaan kwam. Aan de onderzijde van de ketel was een tapkraantje. Men kon deze zelfkoker overal in het huis gebruiken. Maar het was een duur apparaat, want het was soms uit brons, soms uit zilver prachtig gemaakt. We zullen alle ons bekende potten en schalen niet opsommen. Alleen vermelden we de z.g. *caccabus,* een kookpot van aardewerk, soms van brons of zelfs van zilver, omdat van hem, waarschijnlijk via een laat-Latijnse vorm caccalus, ons woord *kachel* stamt.

Ook andere nuttige voorwerpen had men in de keuken, trechters, filters, zeven, flessen en kruiken, stoppen van kurk of glas en nog meer. Belangrijk waren natuurlijk de messen, vorken en lepels. Maar onder *vork* moeten we hier alleen verstaan grotere, tweetandige voorwerpen om vlees enz. uit de kookpot te halen. Eetvorken had men niet, men at vaste spijzen met de handen. Lepels had men in allerlei soorten, keukenlepels, eierlepels, eetlepels enz.

Nu we toch door de keuken in huis zijn gekomen, zullen we ook in de andere vertrekken even rondzien. We bekijken het huis van een welvarend Romein uit de bloeitijd van het rijk. Natuurlijk hadden de Grieken wel een enigszins afwijkende inboedel, maar essentieel maakt dat toch geen verschil. Het eerste wat ons opvalt is, dat men in de oudheid veel minder meubilair had dan wij. Wat men had was degelijk, maar het was weinig. Men leefde veel meer buiten en op straat dan wij; het huis was om er te slapen en te eten. De vloeren waren van cement, later belegd met baksteentjes, tegels of marmer. Soms waren kleine stukjes steen gelegd in de vorm van een mozaïek. Dat bracht men ook wel aan de wanden aan, ook beschilderde men die met allerlei taferelen.

De *slaapkamers* waren klein. Het *bed* bestond uit een raam van vier latten waarover touwen of riemen gespannen waren. Dat raam was gemaakt van ahorn-, beuken- of essenhout, soms van brons. Het stond op vier of zes poten van dikwijls fraaie vorm, die bekleed werden met brons of soms met goud, ivoor of schildpad. De *matrassen* waren gevuld met stro of wol, namelijk de afval uit de werkplaats van de wolkammer, of soms ook met dons. De matras was overtrokken met linnen, soms ook wol en zelfs leder. De lakens waren van linnen, de dekens van wol of andere stoffen, vaak geborduurd. Ook voor andere doeleinden dan slapen gebruikte men de bedden. Men

lag aan tafel aan op bedden en men studeerde te bed. Deze bedden waren dan wel iets kleiner, ze geleken meer op sofa's, alleen met dit onderscheid, dat ze geen stofbekleding hadden, maar steeds losse kussens. Ook was er aan de studeerbedden een leuning, die men kon gebruiken als men iets wilde schrijven.

Natuurlijk gebruikte men ook *stoelen,* al was hun aantal minder groot dan dat van de onze. De gewone stoel was meer wat wij een taboeret zouden noemen, dus zonder leuning; de poten waren naar buiten gebogen. De kathedra was een grotere stoel met gemakkelijke rugleuning. En zo waren er nog meer soorten, ze waren soms fraai versierd met ivoor, goud of brons. De slaven zaten op eenvoudige banken; maar er waren ook andere. Een praktische bank voor een heel gezelschap was het hemicyclium, dat, zoals het woord zegt, een grote halfcirkelvormige bank was, bijzonder geschikt voor de conversatie, want men kon elkaar allen zien. Een halfcirkelvormige sofa kwam in de keizertijd in gebruik om de drie aanligbedden te vervangen, die men bij diners gebruikte. Maar zo iets konden alleen de rijken zich veroorloven. In de oudere tijden at men aan vierhoekige *tafels.* Om drie zijden stonden de aanligbedden, de vierde gaf de slaven gelegenheid gemakkelijk te bedienen. Later had men ook ronde tafels. In woningen van aanzienlijken ontbrak het niet aan pronktafels van allerlei soort, dientafels en speeltafels, waarop evenals bij onze schaaktafels, het spelbord in verschillende kleuren was ingelegd. Over dit alles zou veel te zeggen zijn, maar het is er hier alleen om te doen te beseffen welk een technische vaardigheid de ambachtslieden moeten gehad hebben om dit alles te vervaardigen.

In een huis is de *verwarming* en de *verlichting* een belangrijke zaak. Over de verwarming spraken we reeds eerder. Behalve de rijkaards, die over een centrale verwarming beschikten, moest men zich behelpen met kolenbekkens, waarin een laag houtskool lag. Gelukkig is het in het zuiden niet zo koud als bij ons, ook tegenwoordig nog is de verwarming daar pover. En evenals thans was men minder goed geoutilleerd en leed men op gure dagen kou. De verlichting is voor ons besef een zwakke zijde van de oudheid, maar we moeten bedenken, dat ze niet minder was dan die van latere tijden tot de uitvinding van de ronde pit in de olielampen en het lampeglas in 1830. De grootste vlam, die men kon branden, was die van de kaars en van het olielampje. Toch moet men daarvan weer niet te gering denken. Eigen proeven met een lampje uit de oudheid hebben schrijver dezes geleerd, dat men bij het licht van één

lampje behoorlijk lezen en schrijven kan. En daarbij liet men het niet, zoals we straks zien zullen.

Men had in de oudheid verschillende soorten van lampen, opene, geslotene, lampen van aardewerk en van metaal, staande en hanglampen, lampen met één, twee of meer tuiten. De open lampen hadden de vorm van een schaaltje met een tuit, waarin de pit lag, of met meer tuiten. Het gevaar hiervan was, dat men, wanneer men ze verplaatste, olie kon morsen, maar nog erger, dat de olie geheel in brand kon raken. Dit gevaar bestond bij de gesloten lamp niet. Men maakte die van aardewerk of van brons. De bronzen lamp was natuurlijk veel duurder en daarom was die van aardewerk meer in gebruik. Zulke lampjes zijn bij duizenden overgebleven, in allerlei vormen en grootten. Ze zijn rond, ovaal of peervormig en bestaan eigenlijk uit twee delen, die aan elkaar gemaakt zijn, de oliehouder en het deksel. Deze twee werden afzonderlijk gemaakt, dan op elkaar gezet en de naad tussen beide werd aangestreken. Aan de oliehouder was een tuit gevormd, waarin de pit kon liggen, en aan de tegenovergestelde zijde was een oor of handvat met de hand gekneed. In ons lampje staat de vingerafdruk nog van de man, die dat gedaan heeft. Op de versieringen gaan we niet in, maar die ontbraken zelden. In het bovenvlak was een afbeelding gestempeld, verder waren er randen van verschillende aard als ornament aangebracht. In de lampenfabrieken had men mallen, waarmee men in korte tijd een groot aantal bovenvlakken met hun afbeeldingen kon bestempelen. Op de bodem staat vaak het fabrieksmerk. In het bovenvlak bevindt zich een gaatje voor het bijvullen van de olie, meestal twee gaatjes wat natuurlijk meer practisch is. Het bovenvlak is een weinig hol gemaakt, zodat de olie, als men morst, vanzelf in het lampje loopt.

Voor de verlichting van een kamer of zaal had men *kandelabers* met verscheidene armen, waarop men de lampjes kon zetten. Bovendien waren er lampen met meer dan één tuit, soms zelfs tot zestien tuiten toe. Die gaven een prachtige verlichting, al hadden ze het bezwaar, dat ze de warmte in het vertrek deden stijgen. Vooral de bronzen lampen waren met reliëfwerk prachtig versierd. Maar op die ornamentiek gaan we niet in; evenmin op de honderden soorten van lampen, die er waren. Alleen moeten we nog vermelden, dat er ook hanglampen waren, meest van brons; ze hingen aan drie kettinkjes.

De pit was gedraaid van vlas of hennep of een dergelijk materiaal. Men haalde de pit naar behoefte naar buiten of stak

haar naar binnen met een naald of een fijn tangetje. Men stookte olijfolie, maar liefst die van een mindere kwaliteit, de betere gebruikte men voor de bereiding der spijzen. Om zo min mogelijk te hoeven bijvullen berekende men de vulling zo goed als het ging in verhouding tot de tijd, gedurende welke de lamp moest branden. Men vulde de olie bij uit kleine flesjes. Philon uit Byzantion had een oliehouder uitgevonden, die door gebruik te maken van de luchtdruk de olie regelmatig deed toevloeien.

Buitenshuis, op straat, op schepen en in het leger gebruikte men *lantarens*. Daarin plaatste men een kaars of een olielampje. Eerst na het jaar 400 ging men in lantarens glazen platen aanbrengen; daarvóór gebruikte men hoornen platen, die zo dun mogelijk gezaagd waren, soms ook geolied linnen. De lantarens waren rond en gingen niet aan de zijkant open, maar van boven. Men kon het deksel, dat halfbolvormig was en waarin een gat zat voor de rook, er afnemen. Wanneer we bedenken, dat men in de oudheid nagenoeg geen straatverlichting had, dan begrijpen we – vooral de oudere lezers, die zich de donkere straten in de oorlogstijd herinneren – hoe nodig het was 's avonds en 's nachts een lantaarn mee te nemen. Men gebruikte ook fakkels van verschillende vorm.

Zoals in ieder modern gezin had men ook in de oudheid allerlei vaatwerk voor verschillende doeleinden. Grote potten van aardewerk om olie te bewaren, wijnkruiken enz. alles gemaakt door de pottenbakker. Het tafelgerei was iets fijner; het bestond uit wat men met een moderne uitdrukking noemt *terra sigillata*. Dit laatste woord (van *sigillum*, figuurtje of reliëf) wijst er op dat dit aardewerk versierd was met allerlei ornamentjes. Het werd gemaakt van rode aarde en was overtrokken met een soort van zwakke glazuur, waarvan men, zoals we in onze inleiding reeds opmerkten, met de grootste moeite het geheim gevonden heeft. Alle tafelgerei, borden, koppen, bekers, had dus de fraaie terracotta-achtige kleur, die de terra sigillata vertoont. Duizenden en duizenden exemplaren hiervan zijn gevonden. De pottenbakker maakte het op zijn schijf en bracht er daarna de nodige versieringen op aan, lijnen en figuurtjes, die in een matrijs gevormd werden of reliëfwerk dat ook door middel van mallen ingedrukt werd. Was het een voorwerp, dat op een voet stond, dan werd die apart gevormd. In geheel de antieke wereld zijn fabrieken geweest, waar dit vaatwerk gemaakt werd en zijn resten worden dan ook overal gevonden, van Engeland af tot Azië toe. Vaak staat onder de bodem het fabrieksmerk ingedrukt.

Sieraden in de antieke woning moeten de prachtige *vazen* geweest zijn, al waren ze vaak ook gebruiksvoorwerpen. We kunnen hierop niet ingaan, want dan zouden we op het terrein der kunstgeschiedenis komen. Vooral de Griekse vazen zijn bekend en beroemd. Haar hoogtepunt beleefde de vazenindustrie in Attika in de 6e en 5e eeuw v. Chr. Er zijn vazen met zwarte ondergrond en rode figuren, andere met rode ondergrond en zwarte figuren, en verder nog veel andere soorten. De beschildering wekt onze bewondering op van de kunstvaardigheid der makers. Maar niet alleen uit kunstzinnig oogpunt zijn de antieke vazen van belang, we leren ook door de inhoud der afbeeldingen het antieke leven kennen, zelfs het antieke schrift, want de namen van de mythologische figuren, die er op geschilderd zijn, of die van de pottenbakker, die ze maakte, staan er vaak op vermeld. Duizenden vazen zijn over, waaronder pronkstukken, waarop de musea trots zijn. Zij bieden een bijna onuitputtelijke bron van studie.

X

ENIGE VERMAARDE TECHNICI

Verscheidene malen hebben we in het voorafgaande de namen genoemd van beroemde mechanici en technici der oudheid. Dat was dan naar aanleiding van een technisch apparaat, dat zij hadden uitgevonden of verbeterd. Nu zullen we de zaak eens omdraaien en niet de uitvinding in het midden stellen, maar de uitvinder en pogen over hem iets te vertellen. Dat is niet altijd even gemakkelijk, want van vele knappe technici weten we niet veel meer dan de naam. Eén ding hebben ze bijna allen gemeen, namelijk dat ze niet alleen praktische technici waren, maar ook theoretische wiskundigen. Dat ligt in de aard der zaak. Men behoeft geen deskundige te zijn om te begrijpen, dat de praktijk der techniek een grondige studie der wiskunde nodig maakt. Hoe zou men anders de nodige berekeningen kunnen maken? Wij kunnen ons geen ingenieur, op welk gebied hij ook werkzaam is, voorstellen, die niet een grondige wiskundige scholing gehad heeft. Omgekeerd is het ook goed te begrijpen, dat menige wiskundige der oudheid tijdens zijn studie opmerkte, dat bepaalde dingen, die hij gevonden had, van belang konden zijn voor de praktijk der techniek. Hoewel dit boekje niet gaat over de wiskunde der oudheid, zullen we ons toch veroorloven te wijzen op wat sommigen van de antieke technici ook op het terrein der wiskunde gevonden hebben, al kunnen we daarop niet nader ingaan.

De eerste over wie we spreken is *Archimedes*, een der grootste geleerden van de oudheid, een der knapste wiskundigen uit de geschiedenis, die op één lijn gesteld mag worden met de beroemdste mathematici van de latere tijden. Wellicht is hij de enige, van wie tegenwoordig een ontwikkeld mens iets weet, of liever drie dingen. Maar die liggen alle drie op het terrein der anekdote en geen enkele deskundige zal voor de historische juistheid willen instaan. Welke zijn die drie anekdoten, die bijna ieder kent?

In de eerste plaats zijn „heureka". Koning Hieron van Syrakuse had een kroon laten maken, waarin goud en zilver gemengd was. Maar hij wilde weten in welke verhouding dat gebeurd was; wellicht vertrouwde hij de maker niet. En nu droeg hij aan Archimedes op dat te onderzoeken zonder de kroon te beschadigen. Eens, toen hij in het bad was en ongetwijfeld merkte,

dat hij zich in het water lichter voelde dan in de lucht, flitste hem plotseling door de geest het beginsel, dat naar hem de wet van Archimedes genoemd wordt, namelijk dat een in het water gedompeld lichaam evenveel van zijn gewicht verliest als het water weegt, dat het verplaatst. Hoewel het niet uitdrukkelijk vermeld wordt, is het buiten twijfel, dat Archimedes van deze wet uitgaande, het soortelijk gewicht gevonden heeft. Dat kon hij nu vaststellen van zuiver goud en zuiver zilver en met behulp van die gegevens de verhouding van beide metalen in de kroon van Hieron vaststellen. Maar het is begrijpelijk dat hij uitriep: „ik heb het gevonden" of in het Grieks „heurèka". Het verhaal wil nu dat hij, aldoor dit woord roepend, zonder zich eerst aangekleed te hebben, naar huis ging. Laten we echter maar aannemen, dat hij wel even zijn chiton zal omgeslagen hebben, de bedienden van de badinrichting zullen hem daaraan wel herinnerd hebben. Want ze wisten wel, dat hij een zonderling was. Het verhaal gaat, dat zijn bedienden hem met moeite van zijn wiskundige figuren konden wegkrijgen om hem te zalven. En dan tekende hij nog met het krabijzer (waarmee de Grieken zich de olie van het lijf streken) op zijn buik de figuren om ze toch te kunnen bestuderen. Zo gaan er van vele beroemde mannen allerlei volksverhalen.

De tweede uitspraak van Archimedes, die iedereen kent, is zijn woord: „geef mij een plaats, waar ik staan kan, en ik zal de aarde bewegen". Als hij dit ooit gezegd heeft, bedoelde hij natuurlijk, dat hij door middel van de door hem gevonden katrolsystemen en hefbomen de zwaarste lasten kon verplaatsen. Hij bewees dat, zoals we reeds zagen, door alleen een bevracht schip in zee te trekken.

Het derde, dat iedereen weet, zijn de laatste woorden, die hij sprak. Toen na de inneming van Syrakuse – waarover later – een soldaat zijn kamer binnenkwam, zou hij gezegd hebben: „breng mijn cirkels niet in de war" of in het Latijn, waarin ons het verhaal is overgeleverd: „noli turbare circulos meos". We kunnen ons voorstellen, dat de soldaat, toen hij de kamer binnenkwam, gek opgekeken heeft, toen hij daar een 75 jaar oude man zag zitten aan zijn platte bakken, waarin vochtig zand lag en waarin allerlei figuren getekend waren. Want zo deed men dat in de oudheid, men had niet het goedkope papier dat wij gebruiken. Wellicht dacht hij, dat het een rijk man was en er buit te behalen viel. En hij stak Archimedes dood, niet beseffend, dat hij een einde maakte aan het leven van een der beroemde mannen uit de wereldgeschiedenis. Het verhaal

zal wel juist zijn, of de woorden zo gesproken zijn, weten we niet. Laat ons nu tot de feiten komen.

Archimedes werd te Syrakuse geboren in 287 v. Chr. Hij was de zoon van de astronoom Pheidias, de wetenschap zat hem dus in het bloed. Hij was bevriend en ook verwant met koning Hieron I en diens zoon Gelon. Lange tijd vertoefde hij in Egypte te Alexandrië om daar te studeren. De beroemde Eukleides (Euclides) had daar gedoceerd en zijn leerlingen deden dat thans. Hij leerde daar Eratosthenes kennen, die directeur was van de bibliotheek en een beroemd wiskundige en geograaf werd, en ook Konon, een astronoom, die echter vrij jong gestorven is. Later placht Archimedes zijn ontdekkingen, voordat hij ze publiceerde, eerst aan Konon toe te zenden. Toen die gestorven was, stuurde hij zijn vondsten aan Dositheos, die hij ook in Alexandrië had leren kennen. In Syrakuse teruggekeerd wijdde hij zich geheel aan de studie. De wiskunde was voor hem de hoofdzaak. Zijn uitvindingen op het gebied der mechanica maakten zijn naam wel het meest bekend, maar voor hem waren zij bijzaak. Toen Syrakuse in de tweede Punische oorlog door de Romein Marcellus belegerd werd, wist Archimedes, daartoe door Hieron uitgenodigd, door middel van zijn machines de vijand lange tijd te verhinderen van de zeezijde de stad in te nemen. Maar door een overrompeling van de landzijde gelukte het Marcellus ten slotte toch en Archimedes werd in 212 v. Chr. daarbij gedood, zoals we reeds vermeld hebben. De soldaat, die hem doorstak, moet hem niet gekend hebben, want Marcellus had uitdrukkelijk bevolen, dat hij gespaard moest worden. Archimedes had te kennen gegeven, dat op zijn grafteken een cilinder en een bol moesten worden geplaatst; de stellingen, die hij omtrent deze lichamen gevonden had, hield hij dus blijkbaar voor het belangrijkste deel van zijn werk. Inderdaad is zulk een monument opgericht, maar in de loop der tijden hebben de Syrakusanen blijkbaar hun grootste medeburger vergeten, want later wist niemand zijn graf meer aan te wijzen. Maar bijna anderhalve eeuw later is het teruggevonden door niemand minder dan Cicero. Deze was in 75 v. Chr. quaestor op Sicilië en hij vertelt van wat hem bij een bezoek aan Syrakuse wedervoer. We zullen hem woordelijk aanhalen: „Als quaestor heb ik het graf van Archimedes, dat aan de Syrakusanen onbekend was, daar ze zeiden, dat het helemaal niet aanwezig was, opgespoord. Het was aan alle kanten omgeven door ruigte en struikgewas. Want ik herinnerde mij enige versregels, die, naar ik had vernomen, op zijn graf-

monument waren gebeiteld, en waarin te kennen werd gegeven, dat op het graf een bol geplaatst was met een cilinder. En toen ik overal rondkeek – want bij de Agrigentijnse poort zijn een groot aantal graven – bemerkte ik een kleine zuil, die even boven het struikgewas uitstak, waarop de vorm van een bol en een cilinder stond. Terstond zei ik tot de Syrakusanen – de aanzienlijksten waren bij mij – dat ik meende, dat dát het was waarnaar ik zocht. Toen werden vele mannen er heengestuurd en die maakten met zeisen de plek schoon en toegankelijk. En toen de toegangsweg gebaand was, gingen we naar de voorzijde van het voetstuk toe. En daar was het opschrift zichtbaar, waarvan de achterste helft van de versregels ongeveer halverwege verweerd was." Hoe het verder met dit grafmonument gegaan is, weten we niet. Ook thans nog wordt een graftombe van Archimedes aangewezen, maar de echte is dat zeker niet. Sic transit gloria mundi!

Maar schoner herinnering dan een grafmonument, zijn de voortbrengselen van Archimedes' denkvermogen, die in de wetenschap zijn blijven voortleven. Het belangrijkste daarvan ligt op het gebied der wiskunde en we kunnen dat alleen maar vermelden. We weten dat alles uit de boeken, die van Archimedes over zijn, namelijk acht. Van andere boeken zijn gedeelten over, de rest is verloren gegaan.

Op arithmetisch gebied is een boek bekend, dat de merkwaardige titel draagt, die we vertalen door „Zandkorrelberekening". Hij bestrijdt daarin de mening, dat het aantal zandkorrels op aarde onmetelijk groot is, zo groot dat het niet in cijfers is uit te drukken. Hij betoogt, dat als de gehele aarde uit zandkorrels bestond, er een getal is te noemen, dat groter is dan het grootstmogelijke aantal korrels. Ja hij gaat zelfs nog verder en betoogt, dat als de bol, die door de sterrenhemel gevormd wordt, geheel van zand was, er nog een groter getal te noemen zou zijn en in de taal zou kunnen worden uitgedrukt. Nu moeten we bedenken, dat het Grieks geen hoger cijfer kent dan *murioi*, dat is 10.000. Men kan ook nog spreken van 10.000 tienduizendtallen, maar dan is men aan de grens. Archimedes gaat nu hiervan uit als van een nieuwe eenheid en ontwerpt dan een systeem, dat we niet zullen beschrijven, maar hij komt zelfs tot een getal, dat geschreven zou moeten worden door een 1 met 80.000 biljoen nullen (de nul kende de oudheid niet). En dat getal kan hij in het Grieks uitdrukken!

Op het terrein der meetkunde verrichtte hij baanbrekend werk. In zijn boek „Cirkelmeting" behandelt hij de omtrek en het

oppervlak van de cirkel. Hij berekent daartoe de verhouding van de middellijn van een cirkel tot de omtrek, dus het bij alle leerlingen der middelbare school, maar ook bij alle wiskundigen vermaarde getal π (pi). Maar hij noemde dat getal nog niet zo. Deze aanduiding is voor het eerst gebruikt door de Engelsman Williams Jons in 1706. Het is de eerste letter van het Griekse woord *periphereia,* omtrek. Zo wordt de Griek Archimedes door dit gebruik nog geëerd. Hij benaderde het getal door de in- en de omgeschreven regelmatige veelhoeken, wier zijden hij steeds deed groeien in aantal, totdat hij bij de in- en omgeschreven 96 hoek kwam. En zo toonde hij aan dat π lag tussen $3^1/_7$ en $3^{10}/_{71}$ of tussen 3,141 en 3,142. Voor de praktijk was dat voldoende, maar de lezer weet, dat men later nog veel meer decimalen berekend heeft, tot zelfs over de 700 toe. Van het gevondene uitgaand kon Archimedes nu ook het oppervlak van de cirkel met benadering berekenen.

In zijn werk over „de bol en de cilinder" berekent Archimedes oppervlak en inhoud van deze lichamen en komt tot verscheidene stellingen, die men thans in ieder leerboek der stereometrie kan aantreffen. Daartoe behoort ook deze, dat een cilinder, die als grondvlak heeft de grote cirkel van een bol en als hoogte de doorsnede van de bol, 1½ maal zo groot is als de bol en dat hun inhoud zich dus verhoudt als 3 : 2. Hieraan herinnerden we reeds, toen we schreven over het Pantheon te Rome. Het boek over „Konoïden en sphaeroïden" handelt over lichamen, die ontstaan door omwenteling van kegelsneden en dat over „Spiraallijnen" ontwikkelt de theorie van de lijn, die de Archimedische spiraal genoemd wordt. Verder schreef hij nog een boek over het evenwicht van vlakken en behandelde daarmee de grondslagen van de statica; ook over het zwaartepunt spreekt hij, vooral dat van het parallellogram, de driehoek, het trapezium en van paraboolsegmenten. Zijn boven reeds genoemde vondst in het bad was het begin van een studie, die hem bracht tot het schrijven van een boek, waarin hij de beginselen van de hydrostatica vastlegde. En zo schreef hij nog meer; het is jammer dat niet alles bewaard is gebleven.

Ook met de astronomie hield Archimedes zich bezig. Hij vond een methode uit om de schijnbare middellijn van de zon te meten en overtrof daarin zijn voorgangers, al bleef hij nog ver bij de werkelijkheid ten achter. De lengte van het jaar berekende hij op 365¼ dagen. Hij begreep de schijnbare omloop van de zon en de planeten om de aarde en maakte een door water bewogen planetarium, dat na de inneming van Syrakuse

door Marcellus naar Rome overgebracht werd en in de tempel van de godin Virtus werd opgesteld.

Ons boekje gaat over de techniek en daarover moeten we dus spreken. Maar verscheidene uitvindingen van Archimedes kwamen reeds ter sprake, de katrol en takel, de waterschroef e.a. en daarover handelen we dus niet verder. Maar interessant blijft het te vernemen, hoe het technisch vernuft van Archimedes er toe heeft bijgedragen, dat Marcellus zo lang heeft moeten strijden, voordat Syrakuse kon worden ingenomen. Syrakuse lag (en ligt nog) voor het grootste deel aan de zee, het moest dus van land- en zeezijde worden aangevallen. De Romeinen kwamen met een grote macht aanzetten en hoopten door hun grote aantal binnen vijf dagen klaar te zijn met hun voorbereidingen en zo de Syrakusanen vóór te zijn, maar, zo zegt de geschiedschrijver Polybios „ze rekenden niet met de kracht van Archimedes en voorzagen niet, dat in sommige tijden één geest meer nut kan doen dan een menigte werkende mensen". Laten we, wat Archimedes deed, meedelen met de, duidelijkheidshalve soms vrij vertaalde, woorden van Livius, die het gehele beleg beschreef.

Hij zegt: „De onderneming, die met zo grote energie was opgezet, zou zeker succes gehad hebben, als er niet in die tijd in Syrakuse één man geweest was, namelijk Archimedes. Die was een uitstekend onderzoeker van de hemel en de hemellichamen, maar toch was hij nog meer bewonderenswaard als uitvinder en bouwer van krijgsgeschut en van werktuigen, waarmee hij al wat de vijanden met geweldige krachtsinspanning tot stand brachten, met zeer geringe moeite bespottelijk maakte. De muren, die over ongelijkmatige heuvels liepen en merendeels over hoog en moeilijk te naderen terrein, maar soms ook over lager gebied, dat men over vlakke dalen bereiken kon, voorzag hij van alle soorten geschut, al naar gelang dat voor iedere plaats het meest geschikt leek. De muur van de wijk Achradina, die door de zee bespoeld wordt, bestreed Marcellus met 60 schepen met vijf rijen roeiers. Op de overige schepen zorgden boogschutters, slingeraars en schutters, die een spies wierpen, welke (daar ze met behulp van een slingerriem moest worden afgeschoten) door ongeoefenden niet kon worden teruggeworpen, er voor, dat nauwelijks iemand op de muur kon staan zonder gewond te worden. Alle dezen hielden hun schepen op een afstand van de muur, omdat hun projectielen een zekere ruimte nodig hadden. Maar andere schepen waren twee aan twee aan elkaar verbonden; de binnenste rijen riemen waren weggenomen,

zodat ze zij aan zij lagen en met de buitenste rijen riemen konden worden voortbewogen alsof ze één schip waren. Zij vervoerden torens met verscheidene verdiepingen en (daarop) stormbalken om de muren te rammeien. Om op te treden tegen dit op de schepen geplaatst oorlogstuig, verdeelde Archimedes geschut van verschillende grootte over de muren. Op de veraf liggende schepen schoot hij grote ontzaglijk zware stenen af, de meer dichtbij gelegene bestookte hij met lichtere, maar des te talrijker projectielen. En dan nog, om zijn eigen manschappen in staat te stellen om zonder zelf gewond te worden op de vijand te kunnen schieten, maakt hij in de muur manshoge schietgaten" (volgens Polybius waren die aan de buitenzijde slechts een handbreed, zodat de schutter door dat gat kon richten), „waardoor men deels met pijlen, deels met middengrote katapulten de vijand bestookte zonder zelf gezien te woorden. Tegen de schepen, die nog dichter bij kwamen om daardoor binnen de trefkans van het geschut te zijn" (immers hoe dichter men bij de muur is, des te groter is de kans, dat de kogels niet kunnen raken, maar over de vijand heen vliegen) „deed hij het volgende: aan een wipbalk, die buiten de muur uitstak was met een stevige ketting een ijzeren greep verbonden en als die greep op de voorsteven was geworpen en de wipbalk door een zwaar loden tegengewicht tegen de bodem terugsloeg, dan werd de voorsteven opgelicht en het schip op zijn achtersteven gezet. Daarna werd de ketting plotseling gevierd en dan sloeg het schip, alsof het van de muur neerviel, tot grote angst van de matrozen zo op het water, dat het, zelfs als het recht terugviel, toch nog vrij wat water schepte. Zo werd het beleg van de zeezijde verijdeld en alle hoop werd nu gevestigd op een aanval met alle kracht aan de landzijde. Maar ook die was evenzo voorzien van een gehele uitrusting van geschut op kosten van Hieron en door zijn zorg van vele jaren, en door de buitengewone kundigheid van Archimedes".

Men ziet het: als Archimedes thans leefde, zou hij technisch adviseur in het leger zijn of liever lid van een commissie van atoomgeleerden. Daar zou hij zich beter thuis gevoelen, want de wetenschap ging hem boven de praktijk.

Na Archimedes was *Ktesibios* de meest bekwame ingenieur. Hij leefde in het midden der derde eeuw v. Chr. te Alexandrië. Het is niet onwaarschijnlijk, dat hij de zoon was van een barbier. Er is een verhaal, dat hij in de scheerwinkel van zijn vader zijn eerste ontdekking deed. Om de scheerspiegel gemakkelijk te kunnen doen dalen en rijzen, had hij hem opgehangen aan

een koord, dat achter de wand, dus onzichtbaar, over een katrolletje liep door een buis. En aan dat koord hing dan in de buis een loden kogel, als tegenwicht van de spiegel. Nu ontdekte hij, dat als die kogel vlug naar beneden ging, de lucht in de buis werd samengeperst; daarom maakte hij pijpjes daaraan, die floten door de druk van de lucht. Hierdoor zou hij het principe van het waterorgel hebben gevonden. Hoe het ook zij, dat hij inderdaad het eerste waterorgel heeft gefabriceerd en hoe hij dat inrichtte, hebben we reeds besproken. Hij was boven alles een mechanicus. Hij schreef een boek „Aantekeningen op het terrein der mechanica", maar dat is helaas verloren gegaan, hoewel het in de late oudheid nog bekend was. Wat we er van weten hebben we dus van anderen.

Ktesibios vond het vroeger beschreven wateruurwerk uit. Hij maakte ook een beker in de vorm van een hoorn des overvloeds, die zo ingericht was, dat als men een kraantje opende, de beker een toon deed horen. Dit was alles een kwestie van luchtdruk. Ktesibios is de eerste geweest, die de luchtdruk opmerkte en gebruikte. Zo kon hij komen tot de bouw van het waterorgel en van de wateroppompmachine, waaruit de brandspuit is ontstaan, en van de luchtpomp. Dit alles bespraken we reeds, evenals zijn geschut, waarbij hij van de luchtdruk gebruik maakte. Maar dit ging er niet in; moderne reconstructie heeft doen zien, dat het toestel niet goed kon werken, wanneer de druk in de cilinders niet geregeld kon worden. En dat kon bij het kanon van Ktesibios niet. Hij heeft ook nog een werptuig ontworpen, waarbij de kracht niet gegeven werd door pezenbundels, maar door metalen banden. Op zichzelf was dat een verbetering, want de dierlijke pezen waren onderhevig aan de graad van vochtigheid in de atmosfeer. Weinig waarde voor de praktijk had de door Ktesibios uitgevonden inrichting, waardoor een soldaat zonder de muur te beklimmen er toch boven op kon komen. Het was een toestel dat op vier raderen reed en waarop een soort van wip was aangebracht. In een torentje, dat op het ene einde van de wip was gebouwd, ging de soldaat staan en dan werd de andere zijde naar beneden gedrukt, totdat het torentje ter hoogte van de bovenzijde van de muur was gekomen en de soldaat er uit kon springen. Het is duidelijk, dat de vijand van de muur af daartegen wel wat kon doen.

Een vermaard leerling van Ktesibios was *Philon* van Byzantion, die een groot boek schreef over de mechanica. Daarvan is slechts een deel in het Grieks overgeleverd, andere delen kennen we of uit uittreksels of uit een Latijnse vertaling van

weer een Arabische vertaling. In dat boek behandelt hij verschillende onderdelen der techniek. In de eerste plaats de hefboom en zijn werking; daarna de havenbouwkunde en de schietwerktuigkunde, waarbij hij het geschut theoretisch en praktisch bespreekt. Hij maakt daarbij melding van vier nieuwe uitvindingen, waaronder een van hem zelf. Deze bestond hierin, dat hij de beide pezenbundels, die we bij de beschrijving van het geschut vermeldden, niet meer door in de boven- en onderbalk geboorde gaten (die het kaliber bepaalden) liet lopen, maar ze om beide balken heen liet gaan. Op de balk lagen twee bouten, die dus door de pees tegen de balk werden aangedrukt. De onderste bout was van ijzer, de bovenste van hout. Deze laatste had in het midden een gat om het eind van de pees vast te maken. De pees werd nu op de volgende wijze gespannen. Men sloeg een wig tussen de balk en de ijzeren bout en bij iedere hamerslag op de wig rees de ijzeren bout en spande daardoor de pees des te meer. Was het schieten afgelopen dan sloeg men de wig er weer uit en werd daardoor de pees ontspannen. De tweede vernieuwing was deze, dat volgens de uitvinding van Ktesibios de pezen vervangen werden door stalen banden. Beide vernieuwingen schijnen echter in de praktijk niet voldaan te hebben. Ook niet de derde, waarover we vroeger reeds spraken, nl. de vervanging van de pezen door een cilinder met gecomprimeerde lucht. De vierde was het ook reeds besproken, door Dionysios uitgevonden, machinegeweer. In het volgende hoofdstuk van zijn werk behandelt Philon de waterhevel en beschrijft hoe men die gebruiken kan voor allerlei aardige dingen als fopbekers e.d. En eindelijk komt dan een afdeling, waarin vestingwerken worden besproken, zowel verdedigings- als aanvalswerken. Philon was een belangrijk ingenieur.

Een van de meest bekende technici en mechanici is *Heron* geweest. Van zijn leven weten we eigenlijk niets. Hij woonde in Alexandrië, maar zijn naam wijst er wel op, dat hij een Griek geweest is. Toch heeft het land, waar hij woonde, invloed gehad op zijn werk. In Egypte was de landmeetkunde ver gevorderd, want na iedere overstroming van de Nijl moesten de landerijen weer worden afgemeten. Wat Heron op landmeetkundig gebied weet, heeft hij waarschijnlijk voor een belangrijk deel ontleend aan de Egyptische ervaring. Hij spreekt verder gaarne over het meten van pyramiden en obelisken; en zo zijn er nog meer onderwerpen, die de praktijk van het land hem aanbood. Maar een typische Griek is hij hierin, dat hij ook aan de schone vorm van zijn werktuigen denkt, herhaaldelijk wijst hij er op, dat de

technicus er voor moet zorgen, dat zijn werktuigen ook uiterlijk een fraaie vorm hebben. Een zeer moeilijke vraag is, wanneer Heron geleefd heeft. Daarover is zeer veel geschreven, maar daarmee zullen we de lezer niet vermoeien. Sommigen zetten hem in de 2e eeuw v. Chr., anderen, en die zullen wel dichter bij de waarheid zijn, in de 1e eeuw n. Chr. Heron is niet een genie als Archimedes en hij kan ook bij Ktesibios niet halen. Maar belangrijk is, dat hij over ieder onderwerp, dat hij behandelt, eerst alles bestudeerd heeft, wat zijn voorgangers bereikt hadden. En daar de geschriften van die voorgangers voor het grootste deel verloren zijn gegaan, is het een geluk, dat we in Heron iemand aantreffen, die dat alles heeft samengevat. Bovendien heeft hij zelf nog wel een en ander er bij gevonden, maar dan vooral praktische dingen. Hij schrijft niet voor geleerden, maar voor de praktijk, zijn boeken zijn populaire handboeken, en daardoor juist is hij zo beroemd geworden, want zijn invloed heeft eeuwenlang geduurd, omdat men hem goed begreep.

Natuurlijk was hij goed met de wiskunde op de hoogte. Hij schreef een commentaar op het leerboek van Eukleides, die verloren is, maar waarvan belangrijke stukken in een Arabische commentaar terug te vinden zijn. Zelf heeft Heron ook nieuwe stellingen gevonden, al is niet altijd uit te maken of hij daarin origineel is. Dit geldt b.v. van de bekende formule, die de Duitsers zelfs de „Heronische Dreieckssatz" noemen, maar die wij als schooljongens als de s-formule aanduidden. Men kan immers het oppervlak van een driehoek berekenen als men de zijden kent, met de formule

$$\Delta = \sqrt{s \,.\, (s\text{-}a) \,.\, (s\text{-}b) \,.\, (s\text{-}c)}\,.$$

waarin s de halve som der zijden a, b en c is.

We kunnen er niet aan denken de rijke inhoud van Herons geschriften te bespreken en we zullen ons met een kort overzicht tevreden moeten stellen. In zijn geschrift over de dioptra beschrijft hij dit instrument (zoals wij, hem volgend, ook gedaan hebben) en leert hoe men uit de verte dingen meten kan naar breedte en hoogte, iets dat vooral in de oorlog belangrijk is, hoe men de diepte van een kanaal meet en hoe men de lijn kan vaststellen langs welke een tunnel gegraven moet worden. Verder hoe men de omtrek van een haven moet vaststellen, hetzij die lijn een cirkelvorm heeft, of een ellips, parabool of hyperbool moet zijn. Ook het meten van de oppervlakte van oneffen terrein behandelt de schrijver en de gelijkmatige ver-

deling van een terrein. In een ander geschrift bespreekt hij de leer van de spiegel, waarover we het ook reeds hadden. Het handboek over de mechanica bevat de beginselen van de statica en dynamica, een beschrijving van vijf machines en geeft een handleiding tot het maken van hefmachines en persen. Een volgend hoofdstuk gaat over het aan een as verbonden rad, de hefboom, de katrol, de wig, de schroef en verscheidene andere onderwerpen. Daarna komt een afdeling, waarin allerlei werktuigen besproken worden, als b.v. kranen met 1 tot 4 masten met takelblokken in de top. Uit talrijke praktische opmerkingen blijkt, dat Heron niet alleen theoreticus is. Ook landbouwwerktuigen komen aan de orde, in het bijzonder de wijn- en de olijfoliepers. Over de „baroulkos" of lastsleper en kraan, waaraan een afzonderlijk werkje gewijd is, spraken we reeds, evenals over de „hodometer" of wegmeter. Natuurlijk schreef Heron ook een boek over de bouw en de werking van het geschut en een over apparaten die met luchtdruk werkten, waaronder verschillende toverbekers en andere fopvoorwerpen beschreven worden. Maar ook hoogspuitende fonteinen en pompwerken komen aan de beurt. In dit boek beschrijft hij ook de door stoom draaiende bol, waarover we vroeger spraken. En eindelijk komt het boek over automaten van allerlei soort, sommige daarvan vermeldden we ook reeds. Men ziet: Heron heeft veel geschreven. En dan zijn nog enige werken van hem verloren gegaan, b.v. over wateruurwerken, over gewelven, over de beweeglijkheid van kogels en cilinders enz. en zelfs de overgeblevene hebben we niet alle opgesomd.

Het is begrijpelijk dat Heron op de latere tijden een grote invloed geoefend heeft. Telkens wordt zijn naam terecht, ook wel eens ten onrechte genoemd, in de Romeinse en later ook in de Byzantijnse en Arabische wereld, ja zelfs op de Indiërs heeft hij invloed gehad. Ook in de tijd van de renaissance was hij nog een belangrijke figuur en eeuwenlang zijn de door hem beschreven apparaten nagebootst, vooral die op het terrein van de luchtdruk thuishoren. Curiositeitshalve zij vermeld dat de uitdrukking „horror vacui", de huiver voor het luchtledige, waardoor zoals men meende, vloeistoffen in een luchtledige ruimte opstijgen, de vertaling is van een door Heron gebruikt woord. Naarmate de wetenschap vorderde, kwam Heron meer op de achtergrond, totdat men in de 19e eeuw begon in te zien, hoe belangrijk zijn figuur is niet alleen voor de historie der techniek, maar ook voor de kennis van de antieke cultuur in het algemeen.

De Grieken waren de mensen, die de wetenschappelijke theorie verbonden met de praktijk. De belangrijkste technici, over wie we spraken, waren ook mathematici. De Romeinen daarentegen waren mensen van de praktijk. Gaarne namen ze van de Grieken over wat die gevonden hadden en ongetwijfeld waren er onder hun technici mensen, die ook de theorie bestudeerden. Maar vooruit gebracht hebben ze de wetenschap niet. Geen enkele Romein heeft als wiskundige naam gekregen, laat staan een naam die de eeuwen kon verduren als b.v. die van Archimedes. In het algemeen kan men zeggen, dat op het terrein der wetenschap de Grieken de mannen zijn van de wiskunde en de op de wiskunde gebaseerde vakken, de Romeinen van het recht en de rechtsgeleerdheid. Alle eeuwen door heeft het Romeinse recht zijn invloed gehad. Op dat gebied hebben ze ons ook vele boeken nagelaten. Maar slechts één technisch werk van Romeinse hand is over, nl. het boek over de architectuur van Vitruvius Pollio, over wie we reeds eerder spraken. Wel zijn enige namen bekend van oudere technici en ook die hebben geschreven, maar hun werk is niet over.

Vitruvius leefde ten tijde van keizer Augustus en hij schreef zijn boek ongeveer 25 v. Chr. Hij was geen theoreticus, maar kwam uit de praktijk. Welk een grote waarde hij echter hechtte aan een algemene ontwikkeling, vermeldden we reeds eerder. Het is bekend, dat hij een basilica bouwde, dat hij ingenieur geweest is bij de waterleidingen en dat hij samen met enige collega's de constructie van het geschut voor het leger geleid heeft. Hij kreeg daarvoor salaris en later een pensioen. Op zijn oude dag schreef hij zijn boek.

Dat boek ging in hoofdzaak over de bouwkunde, maar ook over andere dingen. Het behandelt achtereenvolgens de beginselen van de bouwkunde en de stedenaanleg, verder de bouwmaterialen, de bouw van tempels, en van theaters en badinrichtingen, de burgerlijke bouw en de verschillende speciën. Behalve uit de praktijk put hij zijn stof vooral uit Griekse schrijvers. Hij vermeldt die allen en het blijken er zeer velen geweest te zijn. De technische vaklitteratuur was kennelijk veel omvangrijker dan wij zouden vermoed hebben; want de meeste van deze geschriften zijn verloren gegaan. Behalve de architectuur behandelt hij ook de waterverzorging, de constructie van uurwerken en van machines. In zaken, die buiten zijn vak omgaan, vergist hij zich nog al eens; ook is zijn taal soms duister en stilistisch minder correct, maar toch is hij een levendig schrijver, die zijn betoog soms met verhalen opsmukt.

De invloed van Vitruvius is zeer groot geweest. In de middeleeuwen, vooral in de tijd van Karel de Grote werd hij ijverig bestudeerd, maar ook na de Renaissance bleef zijn boek geliefkoosde lectuur voor de bouwmeesters. Vele malen werd zijn boek gedrukt en van commentaren voorzien. Maar de tegenwoordige architecten zullen hun wijsheid wel niet meer uit Vitruvius putten, al maakt hij menige opmerking, zij het dan niet op het technische terrein, waarmee ook zij hun voordeel zouden kunnen doen.

SLOTWOORD

We hebben in dit boekje een en ander verteld over techniek in de oudheid en zijn er ons van bewust hoe fragmentarisch dat verhaal was. Allerlei terreinen hebben we niet betreden. Dat we niet handelden over de kunstprodukten als zodanig, bracht de aard van het onderwerp mee. Maar ook op de techniek van verscheidene onderdelen van wat we tegenwoordig de kunstnijverheid noemen zijn we niet ingegaan. Met het begrip „oudheid" hebben we wellicht enigszins zonderling omgesprongen. Zo hebben we de praehistorie buiten beschouwing gelaten, al had de geniale man, die het wagenrad heeft uitgevonden, maar die voor altijd een anonymus zal blijven, beter verdiend. We hebben weliswaar enige excursies gemaakt naar Egypte, maar hoofdzaak voor ons was de Grieks-Romeinse beschaving, omdat wij zelf daarmee niet alleen geestelijk, maar ook technisch het nauwst verbonden zijn.

Die technische verbondenheid kunnen we zelf dagelijks constateren. Wanneer we een groot bouwterrein betreden, dan zien we daar allerlei machines, grote en kleine, werken, gedreven door stoom of elektriciteit. Met de meest vernuftige apparaten zien we allerlei verrichtingen uitvoeren, die onze bewondering wekken. Maar als we nauwkeurig toezien, dan merken we allerlei onderdelen op, wier principe in de oudheid gevonden is, en die soms nog precies hetzelfde uiterlijk hebben, dat de antieken tweeduizend jaar geleden hebben vastgesteld. Het is uitermate leerzaam ook in het dagelijkse leven op zulke elementen te letten.

Een aantal van zulke dingen hebben we in dit boekje vermeld, maar er zijn er nog veel meer. Wellicht heeft de lezer wel eens gedacht: „had men dat toen ook al", of „kon men dat toen ook al". Het is te begrijpen dat men zo iets denkt, maar eigenlijk is het onjuist. We moeten het omkeren en zeggen: „dat hebben of kunnen wij ook nog". Want we moeten bedenken, dat we een ontelbaar aantal dingen hebben of kunnen, die we van de oudheid hebben overgenomen of geleerd. En vele van die technische apparaten waren door de oude mechanici blijkbaar zo goed uitgedacht en gemaakt, dat wij ze precies nog zo hebben, denk b.v. aan de katrol en het takelblok. Als we zeggen overgenomen, is dat eigenlijk ook niet juist. Want dat hebben we

niet gedaan. Er is veel dat doodeenvoudig van geslacht op geslacht voortgeleefd heeft. Nooit is er een gaping geweest in het gebruik, ook niet in de middeleeuwen. Maar ook veel, dat in de oudheid in gebruik was, hebben latere eeuwen weer opnieuw geleerd. Want met de ondergang der antieke cultuur zijn ook op dit gebied veel van haar vondsten verloren gegaan. Maar toen men sinds de renaissance de boeken der oudheid weer ging bestuderen, vond men het weer terug. Renaissance betekent niet voor niets wedergeboorte en die had niet alleen plaats op geestelijk terrein, maar ook op wetenschappelijk en technisch gebied. Had men belangrijke werken in de 16e en 17e eeuw uit te voeren, dan trachtte men te weten te komen, hoe de oudheid ze deed. We ontmoetten dat in ons verhaal van de verplaatsing van de obelisk te Rome, en ook zagen we, hoe prins Maurits bij de oude Romeinen zijn licht opstak ter verbetering van zijn leger. En zo is er nog veel meer dat men van de antieke auteurs leerde. Verder zijn er nog enige gevallen, waarin iets, dat de oude wereld had of kon, geheel verloren is gegaan, maar toevallig of na lang zoeken is teruggevonden, b.v. de glazuur van de terra sigillata, waarover we spraken. En dan zijn er tenslotte nog dingen, die de oudheid gekund heeft, maar waarvan wij niet precies weten, hoe men het deed, b.v. het purperverven en de fabrikatie van murrinenbekers, waarover we handelden.

Ontelbaar vele moderne uitvindingen konden gedaan worden op de wetenschappelijke basis, die de antieke geleerden gelegd hadden. De wiskunde en de werktuigkunde zijn in de oudheid gefundeerd; ons gehele wetenschappelijk denkschema hebben we aan de Grieken te danken en er is bijna geen wetenschap, wier geschiedenis niet tot de oude wereld teruggaat. Dit geldt niet alleen voor de wiskunde, de sterrenkunde, de natuurkunde en de geneeskunde, maar ook voor de filologie, de rechtswetenschap en (uit de Christelijke periode der oudheid) de theologie.

Natuurlijk heeft de techniek in de laatste eeuw een duizelingwekkende vaart genomen en het is te begrijpen, dat de antieke techniek op ons een enigszins primitieve indruk maakt. Maar dat deed ze niet bij onze overgrootouders, wier tijd het nog niet verder gebracht had dan de oudheid. Voor een tijdperk van tweeduizend jaar geleden, dat de stoom (Heron) en de elektriciteit wel kende (het woord electra is een Grieks woord), maar niet tot toepassing van deze twee krachtbronnen kwam, was de techniek zeker niet primitief; haar talrijke prestaties, die we in dit boekje bespraken, bewijzen het. Men kan-

ook zeggen: ze was even primitief als men over tweeduizend jaar de onze, waarop we zo prat gaan, zal vinden. Het is goed, dat we bij alles wat we hebben en kunnen, letten op wat onze verre geestelijke voorouders hadden en konden; dan worden we bescheiden.

Om die bescheidenheid te bevorderen werd dit boekje geschreven.

INHOUD

	Woord vooraf	5
	Inleiding	7
I	*Steengroeven, obelisken en pyramiden*	11
II	*Metalen, ertsmijnen en glas*	25
III	*Wegen en bruggen*	39
IV	*Stedenaanleg, woonhuizen en andere bouwwerken*	49
V	*Waterleidingen, fonteinen en badinrichtingen*	69
VI	*Schepen, scheepvaart, vuurtorens en kanalen*	81
VII	*Militaire techniek*	91
VIII	*Verschillende technische vindingen*	108
IX	*Dingen uit het dagelijkse leven*	123
X	*Enige vermaarde technici*	135
	Slotwoord	148

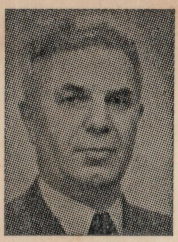
BOEKETREEKS

1 *Prof. Dr. A. Sizoo:* HERLEEFD VERLEDEN. *2e Druk.*
Schetsen uit het dagelijkse leven van 2000 jaar geleden
3 *Okke Jager:* DE HUMOR VAN DE BIJBEL IN HET CHRISTELIJK LEVEN. *9e Druk.*
7 *Ds. A. B. W. M. Kok:* VERLEIDENDE GEESTEN.
4e Vermeerderde druk - Met illustraties
8 *Dr. A. Kuyper:* HET CALVINISME. *3e druk.*
9 HEDEN ZO GIJ ZIJN STEM HOORT.
Bijbels dagboek door twaalf predikanten. *3e Druk.*
10 *Prof. Dr. R. Schippers:* CALVIJN. Zijn leven en zijn werk. Met ill.
11 *Maarten Luther:* 1. De Babylonische gevangenschap der kerk. - 2. Brief aan Paus Leo X. - 3. De vrijheid van een christen. Vertaling Dr. C. N. Impeta. - Inleiding Prof. Dr. W. J. Kooiman.
12 *John Bunyan:* DE CHRISTENREIS. Vertaling Ds. P. Visser. - Inleiding Prof. Dr. S. van der Linde. Met illustraties.
13 *John Bunyan:* DE CHRISTINNEREIS. Vertaling Ds. P. Visser. Met ill.
14 *Prof. Dr. R. Schippers:* HET EVANGELIE VAN THOMAS.
15 *Prof. Dr. J. H. Bavinck:* MENSEN RONDOM JEZUS. *5e Druk.*
16 *Ds. J. Overduin:* HEL EN HEMEL VAN DACHAU. *5e Druk.*
17 *P. W. J. Steinz, Prof. Dr. A. Kuypers, Dr. J. van der Spek, P. van Duyvendijk, Dr. H. J. Eykman* en *Prof. Dr. J. H. Gunning Wzn.:* MOEILIJKE KINDEREN. *2e Druk.*
18 *Jacob Cats:* SINNE- EN MINNEBEELDEN. Met inleiding en aantekeningen van Dr. J. Bosch. - Geïllustreerd met reprodukties van de 52 platen van Adriaen van de Venne uit de beste 17e-eeuwse editie
19/20 *Dr. B. Wielenga:* DE BIJBEL ALS BOEK VAN SCHOONHEID. *6e Druk.*
21 *Dr. Martien J. G. de Jong* en *W. Zaal:* BILDERDIJK. Met illustraties
22 *Anne de Vries:* DE LEVENSROMAN VAN JOHANNES POST. *6e Druk.*
23 *Ds. M. E. Voïlà:* DE WELEERWAARDE HEER.
24 *Dr. H. Mulder:* UIT CATACOMBEN EN WOESTIJNZAND.
Met illustraties
25 *Dr. C. N. Impeta:* KAART VAN KERKELIJK NEDERLAND.
27 *Prof. Dr. A. Sizoo:* OOK U SPREEKT GRIEKS EN LATIJN.
29 *G. Th. Rothuizen:* KLIMATOLOGISCH.
31 *Dr. W. Albeda:* VAKBEWEGING EN MAATSCHAPPIJ.
32 *Prof. Dr. A. Sizoo:* TECHNIEK IN DE OUDHEID.
36 *Ds. H. J. Spier:* DE JEHOVAH's GETUIGEN EN DE BIJBEL.

Prijs f 1.50 per deel (per nummer)
Dubbele delen (twee nummers in één omslag) f 2.95

Verkrijgbaar bij de Boekhandel

UITGAVE J. H. KOK N.V. - KAMPEN



Prof. Dr. ALEXANDER SIZOO werd in 1889 te Gorinchem geboren. Na zijn opleiding aan het gemeentelijk gymnasium „Camphusianum" studeerde hij klassieke letteren aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Van 1910 tot 1921 was hij leraar, eerst aan het Christelijk Gymnasium te 's-Gravenhage en daarna aan het Christelijk Lyceum te Arnhem, terwijl hij van 1921 tot 1933 conrector van het Christelijk Lyceum te Hilversum was. Van 1933 tot 1959 was Prof. Sizoo hoogleraar in de faculteit der Letteren en Wijsbegeerte aan de Vrije Universiteit te Amsterdam en doceerde Latijnse taal- en letterkunde.

Naast verschillende wetenschappelijke werken, die Prof. Sizoo publiceerde, verrijkte hij de Nederlandse boekenschat met een reeks zeer belangrijke populair-wetenschappelijke werken, waarin hij ons het milieu van de wereld van het Nieuwe Testament en de oude christelijke kerk leert kennen door een zeer levendige, boeiende en kleurige tekening van het leven in de antieke wereld. Achtereenvolgens verschenen van de hand van Prof. Sizoo: „De antieke wereld en het Nieuwe Testament" (1946; 3e druk 1951); „Uit de wereld van het Nieuwe Testament" (1949; 2e druk 1955); „Herleefd verleden" (1951; 2e druk 1958); „Christenen in de antieke wereld" (1953); „Augustinus. Leven en werken" (1957); en „Ook U spreekt Grieks en Latijn" (1961).

In zijn „Techniek in de oudheid" geeft de auteur een boek dat de aandacht verdient van de met de techniek zo vertrouwde 20e-eeuwse mens. Op de vroegere misvatting als zouden de ouden geen gevoel voor de techniek hebben gehad, is men in de latere tijd teruggekomen.

De technische prestaties der antieken wekken de bewondering van moderne ingenieurs en technici. Het is opmerkelijk, dat in de oudheid dingen tot stand zijn gebracht, die door de moderne techniek ternauwernood of in 't geheel niet te evenaren zijn en die ons doen vragen hoe dat alles mogelijk is geweest. Die oude practici zijn niet alleen in hun tijd knap geweest, maar ze hebben, ook naar onze moderne maatstaf gemeten, werken van de eerste rang tot stand gebracht.

Dat is wel duidelijk aan het licht gekomen in de laatste tientallen jaren, gedurende welke het hele terrein der antieke techniek is onderzocht. Van het resultaat van deze onderzoekingen vertelt Prof. Sizoo op populaire en boeiende wijze in dit boek.

150/25

BOEKET REEKS